

# **JAHRBUCH** AGRARTECHNIK

## YEARBOOK AGRICULTURAL ENGINEERING

---

Herausgeber/Editor:  
Prof. Dr. Ludger Frerichs



# JAHRBUCH AGRARTECHNIK

## YEARBOOK AGRICULTURAL ENGINEERING

### Jahrbuch Agrartechnik / Yearbook Agricultural Engineering 2012

Band 24 / Volume 24

#### Vorwort

Mit der vorliegenden 24. Ausgabe des *Jahrbuchs Agrartechnik* erscheint dieses Standardwerk nun als Online-Veröffentlichung. Als neuer Herausgeber freue ich mich, das Jahrbuch in dieser frei zugänglichen Form in eine neue Epoche führen zu können.

Die früheren Herausgeber, Prof. Matthies und Dr. Meier, später dann Prof. Harms und Dr. Metzner, haben bislang in Fortsetzung der Jahresübersichten von Prof. Segler regelmäßig die aktuellen Entwicklungen im *Jahrbuch Agrartechnik* zusammengestellt. Dafür gilt ihnen großer Dank und Anerkennung.

An dieser Stelle ist ganz besonders den Autoren und Gutachtern der aktuellen Jahrbuchbeiträge zu danken. Sie haben mit ihrer Zeit und ihrer Kompetenz das Gelingen des neuen Jahrbuchs Agrartechnik erst ermöglicht.

Das Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge der TU Braunschweig wird das bewährte *Jahrbuch Agrartechnik* weiterhin betreuen. Unterstützt wird das Erscheinen des Jahrbuchs durch die Agrartechnik-Community in der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI.

Ich wünsche allen Leserinnen und Lesern, dass ihnen dieses Jahrbuch gute Dienste bei der Suche nach Informationen aus der Agrartechnik und Übersicht verschafft.

Prof. Dr. Ludger Frerichs

#### Preface

With this 24th volume the standard work *Yearbook of Agricultural Engineering* is released as online publication. As the new editor I am pleased to lead the yearbook into a new era by making it accessible to the public.

The former editors, Prof. Matthies and Dr. Meier, later Prof. Harms and Dr. Metzner, continued Prof. Segler's yearly overviews by regularly compiling the current developments in the *Yearbook of Agricultural Engineering*. By this they have earned our gratitude and appreciation.

Our special thanks go to the authors and reviewers of the present articles. The success of the new yearbook is the merit of their invested time and expertise.

The Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles of the TU Braunschweig will continue attending the established *Yearbook of Agricultural Engineering*. The publication of the yearbook is supported by the Max Eyth Society on Agricultural Engineering of the VDI, the German society of engineers.

May this yearbook be of good service for all readers in search of information and overview in agricultural engineering.

Prof. Dr. Ludger Frerichs

---

#### Bibliografische Angaben / Bibliographic Information

##### Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation

Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012.

Frerichs, Ludger (ed.): Yearbook Agricultural Engineering 2012. Braunschweig: Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, 2012.

##### Zitierfähige URL / Citable URL

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043484>

##### Link zum Beitrag / Link to Article

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de>

## **Beeinflussung der Emission von Treibhausgasen durch Leistungssteigerungen in der Milchviehhaltung**

Alois Heißenhuber und Monika Zehetmeier, Wirtschaftslehre des Landbaues, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan

### **Kurzfassung**

Für die Minderung der Treibhausgasemission je Produkteinheit wird die Leistungssteigerung in der Milchviehhaltung als eine wirksame Maßnahme betrachtet. Da in der Milchviehhaltung üblicherweise Milch und Fleisch erzeugt wird, ist eine Betrachtungsweise des Gesamtsystems erforderlich. Unter der Annahme einer konstanten Produktion an Milch und Rindfleisch, werden mit steigender Milchleistung zusätzlich Mutterkühe zur Bereitstellung von Rindfleisch benötigt. Aufgrund dieser Zusammenhänge führt eine Steigerung der Milchleistung zu einem tendenziellen Anstieg der THG-Emissionen. Darüber hinaus sind noch Nebenwirkungen zu berücksichtigen, wie z.B. der Aspekt der Nahrungskonkurrenz bei unterschiedlichem Kraftfuttereinsatz.

### **Schlüsselwörter**

Leistungssteigerung, Milchviehhaltung, Treibhausgasemissionen, Rindfleischproduktion

## **Impact of increasing milk yield in dairy farming on greenhouse gas emissions**

Alois Heißenhuber und Monika Zehetmeier, Institute of Agricultural Economics and Farm Management, Technische Universität München, Freising-Weihenstephan

### **Abstract**

The increase in milk yield per cow in dairy farms has been proposed as one strategy to reduce greenhouse gas emissions (GHG) per kg of product. However, besides milk beef can be considered as an important co-product of dairy farming. Thus, the whole system of milk and beef production has to be considered modelling GHG emissions from dairy farming. In order to remain milk and beef production constant suckler cows are needed to compensate for the reduction in beef output from dairy farming due to the increase in milk yield. If both milk and beef production are to remain constant, considerably increasing milk yield per cow could result in higher GHG emissions. Furthermore other side effects of increasing milk yield in dairy farming as competition with human food due to changing amounts of concentrates need to be mentioned.

### **Keywords**

Yield increase, dairy farming, greenhouse gas emissions, beef production

## Einleitung

In der Öffentlichkeit lässt sich ein zunehmendes Interesse an den Emissionen klimarelevanter Gase der Nutztierhaltung beobachten. Dies kann zum einen durch den relativ hoch geschätzten Anteil der Nutztierhaltung an den gesamten Treibhausgas (THG)-Emissionen (ca. 18 % weltweit nach [1]; ca. 10 % EU-27 nach [2]) begründet werden. Des Weiteren tragen in der jüngsten Zeit mehrere Entwicklungen zu einer gesteigerten Aufmerksamkeit bei, wie die Einführung von Carbon Footprints bei Lebensmitteln von Akteuren des Lebensmitteleinzelhandels in Großbritannien und in Österreich. Neuseeland wird als einer der ersten Länder weltweit die Landwirtschaft in den Emissionshandel einbeziehen.

Aufgrund hoher Klimawirksamkeit von Methan ( $\text{CH}_4$ ) (Faktor 25 im Vergleich zu Kohlenstoffdioxid ( $\text{CO}_2$ ), [3]) werden vor allem die  $\text{CH}_4$ -Emissionen der Wiederkäuer intensiv diskutiert, wenn es um die Frage der Reduzierung von THG-Emissionen der Nutztierhaltung geht. Eine in der Literatur häufig genannte Möglichkeit zur Reduktion von THG-Emissionen wird in der Erhöhung der Einzeltierleistung in der Milchviehhaltung gesehen [4; 5; 6]. Bei alleiniger Betrachtung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen der enterischen Fermentation zeigt sich dieser Zusammenhang eindeutig. Mit zunehmender Milchleistung verteilt sich der Anteil des Erhaltungsbedarfs auf eine zunehmende Milchmenge und die  $\text{CH}_4$ -Emissionen pro kg produzierter Milch sinken asymptotisch mit höherer Einzeltierleistung [7; 8].

Bei einer ausschließlichen Betrachtung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen der enterischen Fermentation bleiben jedoch zahlreiche Nebenwirkungen der Leistungssteigerung in der Milchviehhaltung unberücksichtigt:

1. Weitere Quellen an THG-Emissionen wie Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ )-Emissionen der Futterproduktion oder  $\text{CO}_2$ -Emissionen durch den Einsatz von fossilen Brennstoffen müssen berücksichtigt werden
2. Eine erhöhte Einzeltierleistung erfordert energiereichere Futtermittel
3. Rindfleisch stellt ein Koppelprodukt der Milchviehhaltung dar (ca. 70 % der deutschen und ca. 50 % der europäischen Rindfleischproduktion kann als Koppelprodukt der Milchviehhaltung betrachtet werden)

Ziel dieses Beitrags ist es daher, den Einfluss einer Leistungssteigerung in der Milchviehhaltung auf die Emission klimarelevanter Gase, Art der Flächennutzung und ökonomische Parameter im Gesamtsystem der Milch- und Rindfleischproduktion zu diskutieren.

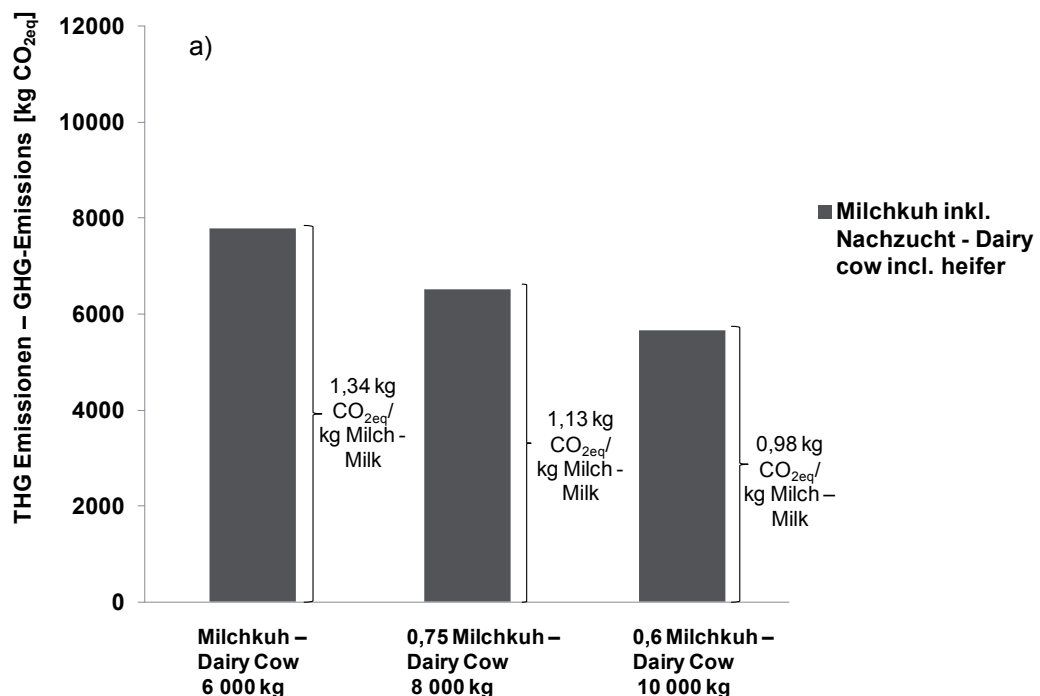
## Modellberechnungen: Leistungssteigerung und Treibhausgasemissionen

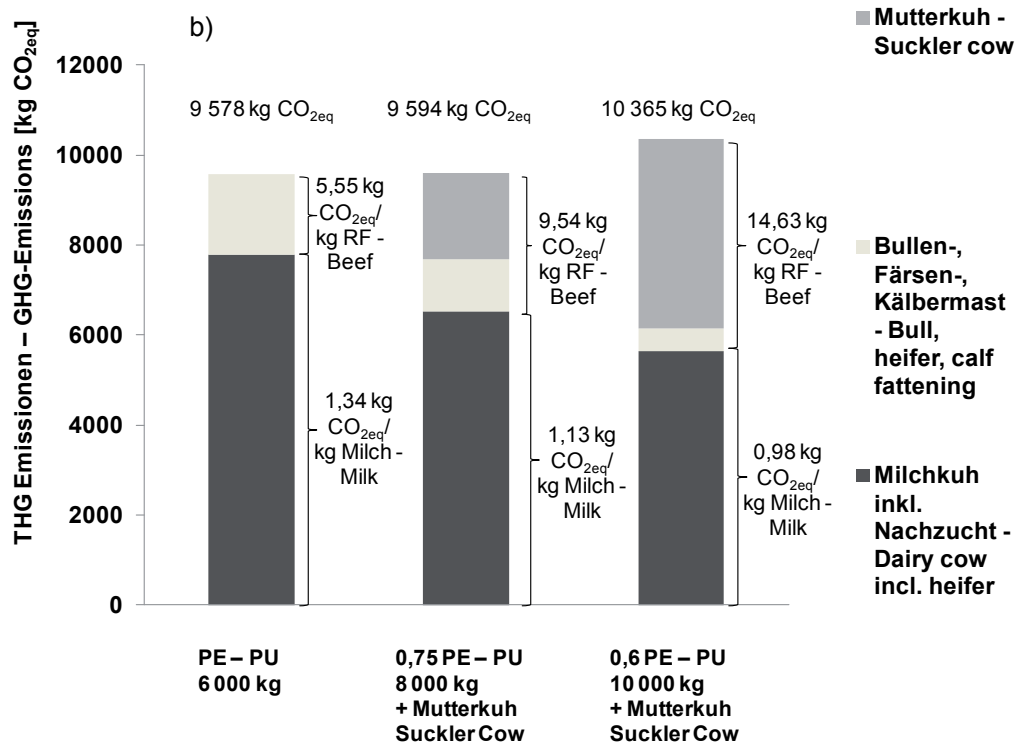
In Modellberechnungen wurden Milchkühe unterschiedlicher Leistungsklassen und Rassen (6 000, 8 000 kg Milch/Kuh und Jahr - Doppelnutzungsrasse, 10 000 kg Milch/Kuh und Jahr - Milchspezialrasse) abgebildet (ausführliche Beschreibung siehe [9]). Um das Gesamtsystem der Milch- und Rindfleischproduktion zu berücksichtigen, wurden sogenannte



Produktionseinheiten (PE) gebildet. Die PE einer Milchkuh der Leistungsklasse 6 000 kg setzt sich aus einer Milchkuh, der dazugehörigen Nachzucht sowie der Ausmast nicht zur Nachzucht benötigten Kälber zusammen. Eine PE der Leistungsklasse 6 000, 8 000 oder 10 000 kg Milch/Kuh und Jahr liefert zusätzlich zur entsprechenden Milchmenge 322, 315 und 218 kg Rindfleisch pro Jahr (Altkuhfleisch, Bullen-, Färsen-, Kälbermast). Als Futtergrundlage wurde eine Ganzjahressilage-Fütterung mit Gras-, Maissilage und Heu sowie Winterweizen, Gerste, Körnermais und Sojaextraktionsschrot verwendet. Als Alternativverfahren zur Produktion von Rindfleisch wurde ein extensives Mutterkuhverfahren mit Weidehaltung und Ausmast der Absetzer in intensiven Mastverfahren modelliert.

Bei der Kalkulation der Emission klimarelevanter Gase wurden alle primären (enterische Fermentation, Wirtschaftsdüngerlagerung, Futtermittelproduktion, Dieselverbrauch, ...) und sekundären (Herstellung von mineralischen Düngemitteln, Herstellung von Diesel, Elektrizität, ...) Emissionen an CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O und CH<sub>4</sub> berücksichtigt. Ausgehend von einer Milchkuh der Leistungsklasse 6 000 kg Milch/Kuh und Jahr wurden zunächst die THG-Emissionen einer Leistungssteigerung unter Konstanthaltung der produzierten Milchmenge kalkuliert. Dabei wurde als Systemgrenze der Milchviehbetrieb (Milchkuh mit Nachzucht, Verkauf nicht zur Nachzucht benötigter Kälber) betrachtet. Mit steigender Milchleistung von 6 000 auf 10 000 kg Milch/Kuh und Jahr sinken die THG-Emissionen entsprechend von 1,34 kg auf 0,98 kg CO<sub>2eq</sub>/kg Milch (**Bild 1a**).





**Bild 1:** Treibhausgasemissionen steigender Milchleistungsniveaus bei konstantem Output an Milch (a) sowie Milch- und Rindfleischmenge (b); RF=Rindfleisch; PE= Produktionseinheit (Milchkuh inklusive Nachzucht und Ausmast der nicht zur Nachzucht benötigten Kälber)

**Figure 1:** Greenhouse gas emissions for increasing milk yields in dairy farming accounting for a constant milk output (a) and both constant milk and beef output (b); PU=Production unit (dairy cow including heifer and fattening of surplus calves)

Wird das System durch die Modellierung von PE über die Grenze des Milchviehbetriebs hinaus betrachtet, so zeigt sich ein Rückgang der Rindfleischmenge von 322 auf 131 kg pro Jahr bei einem Anstieg der Milchleistung von 6 000 kg auf 10 000 kg Milch/Kuh und Jahr. Dies ist zum einen durch die geringere Anzahl an Kühen zur Produktion gleicher Milchmengen sowie durch die Annahme ungünstigerer Ausmasteigenschaften der Kälber einer Milchspezialrasse begründet. Wird die fehlende Rindfleischmenge über die Mutterkuhhaltung mit Ausmast der Absetzer erzeugt, so zeigt sich in Summe ein leichter Anstieg der THG-Emissionen von etwa 9 578 kg CO<sub>2eq</sub> auf 10 365 kg CO<sub>2eq</sub> im betrachteten Milchleistungsniveau (**Bild 1b**).

In der Literatur gilt 1 kg Milch als die übliche funktionelle Einheit der Berechnung von THG-Emissionen der Milchviehhaltung. Dabei werden zahlreiche Methoden verwendet um die Emissionen der Milchviehhaltung auf Milch sowie Altkuhfleisch und die nicht zur Nachzucht benötigten Kälber zu verteilen [10; 11, 12]. Als Extreme können dabei die folgenden Methoden genannt werden:

„Keine Allokation“: alle Emissionen der Milchviehhaltung werden der Milch zugeteilt.

Systemerweiterung [13; 9]: Berechnung der potentiellen Rindfleischmenge durch Altkuhfleisch und Ausmast der nicht zur Nachzucht benötigten Kälber, Gutschrift der dadurch vermiedenen Emissionen aus der Mutterkuhhaltung. Am Beispiel der eigenen Modellberechnungen würde dies zu Emissionen von 0,43 kg CO<sub>2eq</sub> und 0,57 kg CO<sub>2eq</sub>/kg Milch der Leistungsklassen 6 000 und 10 000 kg Milch/Kuh und Jahr führen.

Alle weiteren Methoden können zwischen den genannten Extremen angesiedelt werden. Dabei ist zu beachten, dass nur die Methode der Systemerweiterung das Gesamtsystem der Milch- und Rindfleischproduktion erfasst, während alle anderen Methoden als Systemgrenze den Milchviehbetrieb betrachten.

Inwieweit der Rückgang der Rindfleischproduktion als Koppelprodukt durch die Produktion von Rindfleisch in der Mutterkuhhaltung ersetzt werden muss, hängt auch vom Verhältnis des Milch- und Rindfleischverbrauchs ab. Die Relation des Verbrauchs von Milch und Rindfleisch streut in einem großen Bereich. Die Bandbreite reicht von 44:1 in Indien, über 19:1 in Deutschland bis etwa 4:1 in Argentinien [9]. Die Relationen von Milch- zu Rindfleischproduktion der modellierten Milchleistungsniveaus liegen im Bereich von 18:1 bei einer Milchkuh der Leistungsklasse 6 000 kg und 44:1 im Leistungsbereich von 10 000 kg Milch/Kuh und Jahr. Daraus folgt, dass weltweit neben den Milchkühen noch Mutterkühe gehalten werden müssen, um die erforderliche Rindfleischmenge bereitzustellen. Im Extrem wird die nachgefragte Milch- und Rindfleischmenge eines Landes mit Spezialrassen erzeugt. Dabei ist auch zu erwähnen, dass diese Vorgehensweise eine bessere Abstimmung der Futtergrundlage ermöglicht, weil Mutterkühe auf ertragsschwächeren Standorten gehalten werden können. Zudem kann damit eine sehr hohe Fleischqualität erzeugt werden.

### **Weitere Systemgrenzen bei der Berechnung von THG-Emissionen**

Während die einzelnen Schritte und Prozesse der Wertschöpfungskette zur Bilanzierung von THG-Emissionen definiert sind, werden weitere Bereiche außerhalb der Systemgrenzen wie direkte und indirekte Landnutzungsänderung unterschiedlich behandelt. Vor allem der Anbau von Sojaextraktionsschrot wird zunehmend mit einer Änderung der Landnutzung von Wald oder Grasland in Ackerflächen verbunden. Nach Berechnungen von [14] erhöhen sich die THG-Emissionen von 0,72 auf 5,7 kg CO<sub>2eq</sub>/kg Sojaextraktionsschrot unter Berücksichtigung der CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Landnutzungsänderung (Wald -> Ackerflächen). Dies würde in einer Erhöhung der THG-Emissionen von Abbildung 1a der Leistungsklasse 10 000 kg Milch/Kuh und Jahr um 42 % resultieren und damit zu einem deutlich geringen Rückgang der THG-Emissionen bei steigender Milchleistung selbst ohne Berücksichtigung der Rindfleischproduktion.

Des Weiteren wird in neueren Studien diskutiert, ob aufgrund globaler Märkte jegliche landwirtschaftliche Nutzfläche zur Landnutzungsänderung beiträgt (direkte und indirekte Landnutzungsänderung) und damit sämtliche Flächen der Milchproduktion mit Emissionen der Landnutzungsänderung belastet werden müssen [15]. [15] zeigen dabei auf, dass sich die THG-Emissionen pro kg Milch um bis zum vierfachen Wert erhöhen können.

Zudem stellt sich die Frage, inwieweit erhöhte Kohlenstoffgehalte im Boden von Weide und Grasland im Vergleich zu Ackerland berücksichtigt werden müssen [16; 17].

In den bisherigen Modellberechnungen wurde die Leistungssteigerung der Milchviehhaltung innerhalb eines Produktionssystems (Ganzjahressilage) betrachtet. [18] verglichen ein weidebasiertes Produktionssystem (Milchleistung pro Kuh und Jahr: 6 640 kg) mit einem System basierend auf Ganzjahressilage und erhöhtem Krafffuttereinsatz (Milchleistung pro Kuh und Jahr: 8 040 kg) anhand irischer Versuchsergebnisse. Dabei konnten sie geringere THG- Emissionen pro kg Milch (14 %) für das weidebasierte System selbst ohne Berücksichtigung des Koppelproduktes Rindfleisch feststellen.

### **Weitere Nebenwirkungen einer Leistungssteigerung in der Milchviehhaltung**

Derzeit spielt die Emission klimarelevanter Gase für den landwirtschaftlichen Einzelbetrieb in Deutschland keine bedeutende Rolle, da die Emissionen nicht mit Kosten oder Auflagen verbunden sind. Für die einzelbetriebliche Entscheidung stehen deshalb betriebswirtschaftliche Auswirkungen im Vordergrund. Die seit Jahren zu beobachtende Steigerung der durchschnittlichen Milchleistung in Milchviehbetrieben von etwa 100 kg jährlich ist vor allem mit der potentiellen Senkung von Arbeitszeit, Flächenbedarf und Anspruch an Stallplatz verbunden. In Modellberechnungen sinkt der Arbeitszeitbedarf um 3,5 AKh/1 000 kg Milch bei einer Leistungssteigerung von 6 000 kg auf 10 000 kg Milch/ Kuh und Jahr sowie der Flächenbedarf um 0,02 ha/1 000 kg Milch. Wobei zu beachten ist, dass der Rückgang vor allem auf die kleinere Grundfutterfläche zurückzuführen ist, während der Bedarf an Ackerfläche durch den erhöhten Krafffutterbedarf leicht zunimmt. Neben der Milchleistung beeinflussen zahlreiche weitere Faktoren die wirtschaftliche Situation eines Einzelbetriebs in der Praxis (Gebäudekosten, Remontierung, Futterkosten, Managementfähigkeiten der Betriebsleiter, ...), was zu erheblichen Streuungen der Wirtschaftlichkeit von Praxisbetrieben führt.

In der Diskussion um die Emission klimarelevanter Gase von Wiederkäuern ist zu beachten, dass die Leistung des Wiederkäuers vor allem darin besteht für den Menschen nicht verwertbare Rohstoffe (rohfaserreiche Futtermittel) in wertvolle Nahrungsmittel umzuwandeln. Mit zunehmender Leistungssteigerung werden jedoch vermehrt energie- und proteinreiche Futtermittel in der Wiederkäuerration eingesetzt, die in direkter Konkurrenz zur menschlichen Ernährung stehen. Setzt man den Proteinoutput in Relation zum Input von menschlich verwertbarem Protein (Krafffuttermittel), so sinkt die Effizienz mit Anstieg der Milchleistung pro Kuh und Jahr. Dabei ist zu beachten, dass weltweit etwa 2/3 der gesamten landwirtschaftlichen Fläche (ca. 3,3 Mrd. ha) als Grünland genutzt wird [19].

### **Zusammenfassung**

In der Diskussion um die Reduktion von THG-Emissionen der Milchviehhaltung wird in zahlreichen Studien die Leistungssteigerung als eine mögliche Strategie aufgegriffen. In Modellberechnungen konnte gezeigt werden, dass eine Leistungssteigerung nur dann mit einer Reduktion der Emission klimarelevanter Gase einhergeht, wenn die Systemgrenze der Milchviehbetrieb darstellt. Eine erweiterte Systembetrachtung mit konstanter Produktion von

Milch und Rindfleisch führt zu einem tendenziellen Anstieg der THG-Emissionen im betrachteten Leistungsbereich. Die Berücksichtigung von Emissionen aus direkter und indirekter Landnutzung kann zu einer wesentlichen Erhöhung der THG-Emissionen je Produkteinheit führen. Inwieweit dadurch intensive Produktionssysteme im Vergleich zu extensiveren Systemen stärker belastet werden hängt von der unterschiedlichen Bewertung von Futtermitteln auf Grünland- und Ackerflächen ab. In der Gesamtbetrachtung externer Effekte von Milch- und Mutterkuhhaltung müssen neben den THG-Emissionen auch weitere Aspekte wie die Nutzung von extensiven Flächen, Tierschutz, Effizienz der Nahrungsmittelproduktion im Bezug auf Input und Output von menschlich verwertbaren Protein diskutiert werden.

Mit Blick auf Neuseeland, wo landwirtschaftliche Produkte ab 2015 in den Handel von Emissionszertifikaten integriert werden, ist es notwendig mögliche Auswirkungen von Maßnahmen zur Reduktion von THG-Emissionen sowohl für den Einzelbetrieb als auch das Gesamtsystem zu betrachten.

## **Literatur**

- [1] FAO: Livestock's Long Shadow. Environmental Issues and Options. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2006), Rome, Italy.
- [2] Lesschen J.P., van den Berg M., Westhoek H.J., Witzke H.P. and Oenema O.: Greenhouse gas emission profiles of European livestock sectors. *Animal Feed Science and Technology* (2011), 166 (67), S. 16-28.
- [3] Solomon S., Qin D., Manning M., Alley R.B., Bernsten T., Bindoff N.L., Chen Z., Chidthaisong A., Gregory J.M., Hegerl G.C., Heimann M., Hewitson B., Hoskins B.J., Joos F., Jouzel J., Kattsov V., Lohmann U., Matsuno T., Molina M., Nicholls N., Overpeck J., Raga G., Ramaswamy V., Ren J., Rusticucci M., Somerville R., Stocker T.F., Whetton P., Wood R.A. and Wratt D.: Technical Summary. In: *Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M. and Miller H.L. (eds.)]. Cambridge University Press (2007), Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [4] Monteny G., Bannink A. and Chadwick D.: Greenhouse gas abatement strategies for animal husbandry. *Agriculture Ecosystems & Environment* (2006), 112, S. 163-170.
- [5] Steinfeld H. and Wassenaar T.: The role of livestock production in carbon and nitrogen cycles. *Annual Review of Environment and Resources* (2007), 32, S. 271-294.
- [6] Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H., Kumar P., McCarl B., Ogle S., O'Mara F., Rice C., Scholes B., Sirotenko O., Howden M., McAllister T., Pan G., Romanenkov V., Schneider U., Towprayoon S., Wattenbach M. and Smith J.: Greenhouse gas mitigation in agriculture. *Phil Trans R Soc B* (2008), 363, S. 789-813.
- [7] Kirchgeßner M., Windisch W. and Müller H.L.: Nutritional Factors for the Quantification of Methane Production. In *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism, Growth and Reproduction* (1995) (eds Engelhardt W., Leonhard-Marek S. and Giesecke D.). Ferdinand Enke Verlag, Berlin.
- [8] Reynolds C.K., Crompton L.A. and Mills JAN.: Improving the efficiency of energy utilisation in cattle. *Animal Production Science* (2011), 51, S. 6-12.
- [9] Zehetmeier M., Baudracco J., Hoffmann H. and Heißenhuber A.: Does increasing milk yield reduce greenhouse gas emissions? A system approach. *Animal* (2012), 6 (1), S. 154-166.
- [10] IDF: A common carbon footprint approach for dairy. The IDF guide to standard lifecycle assessment methodology for the dairy sector. *Bulletin of the International Dairy Federation* 445 (2010). Brussels, Belgium.
- [11] FAO: Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector, A Life Cycle Assessment. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010), Rome, Italy.

- [12] Kristensen T., Mogensen L., Knudsen M.T. and Hermansen J.E.: Effect of production system and farming strategy on greenhouse gas emissions from commercial dairy farms in a life cycle approach. *Livestock Science* (2011), 140, S. 136-148.
- [13] Flysjö A., Cederberg C., Henriksson M. and Ledgard S.: How does co-product handling affect the carbon footprint of milk? Case study of milk production in New Zealand and Sweden. *International Journal of Life Cycle Assessment* (2011a), 16, S. 420-430.
- [14] Dalgaard R., Schmidt J., Halberg N., Christensen P., Thrane M. and Pengue W.A.: LCA of soybean meal. *International Journal of Life Cycle Assessment* (2008), 13, S. 240-254.
- [15] Flysjö A., Cederberg C., Henriksson M. and Ledgard S.: The interaction between milk and beef production and emissions from land use change - critical consideration in life cycle assessment and carbon footprint studies of milk. *Journal of Cleaner Production* (2011b), doi: 10.1016/j.jclepro.2011.11.046.
- [16] Vellinga T.V. and Hoving I.E.: Maize silage for dairy cows: mitigation of methane emissions can be offset by land use change. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (2011), 89, S. 413-426.
- [17] Soussana J.F., Tallec T. and Blanfort V.: Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal* (2010), 4, S. 334-350.
- [18] O'Brien D., Shalloo L., Patton J., Buckley F., Grainger C. and Wallace M.: A life cycle assessment of seasonal grass-based and confinement total mixed ration dairy farms. *Book of Abstracts* (2011). 62nd Annual Meeting of the European Federation of Animal Science. 29 August – 2 September, Stavanger, Norway.
- [19] FAOSTAT 2010. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics, Rome, Italy. Retrieved October 7, 2010, from <http://faostat.fao.org/>

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Heißenhuber, Alois; Zehetmeier, Monika: Beeinflussung der Emission von Treibhausgasen durch Leistungssteigerungen in der Milchviehhaltung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): *Jahrbuch Agrartechnik 2012*. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-9

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00044973>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/63.html>



## **Die konjunkturelle Entwicklung der Landtechnikindustrie**

Gerd Wiesendorfer,  
VDMA Landtechnik

### **Kurzfassung**

Die Jahre 2011 und 2012 stehen für einen raschen Aufschwung der europäischen und weltweiten Landtechnik-Industrie. Mit gestiegenen Einkommen haben die Landwirte vermehrt in Technik investiert, um ihre Produktivität weiter zu erhöhen. Innerhalb Europas hat sich allerdings ein Nord-Süd-Gefälle aufgetan: Während die Landtechnikmärkte im nördlichen Teil ein starkes Wachstum erreichten, verringerten sich die Verkäufe von Maschinen in Südeuropa analog zur gesamtwirtschaftlichen Schwäche in den Ländern. Ein größeres Augenmerk richten die europäischen Landtechnik-Hersteller mittlerweile auf die für ihr Technologie-Niveau neuen Märkte in Asien, allen voran China. Weiterhin überdurchschnittlich wächst die Region der Gemeinschaft Unabhängiger Staaten (GUS).

### **Schlüsselwörter**

Landtechnikmarkt, Konjunktur, Mechanisierung, Investitionsbedarf, Schwellenländer, Geschäftsklima, landwirtschaftliche Einkommen

## **Economic Development of the Agricultural Machinery Industry**

Gerd Wiesendorfer,  
VDMA Agricultural Machinery Association

### **Abstract**

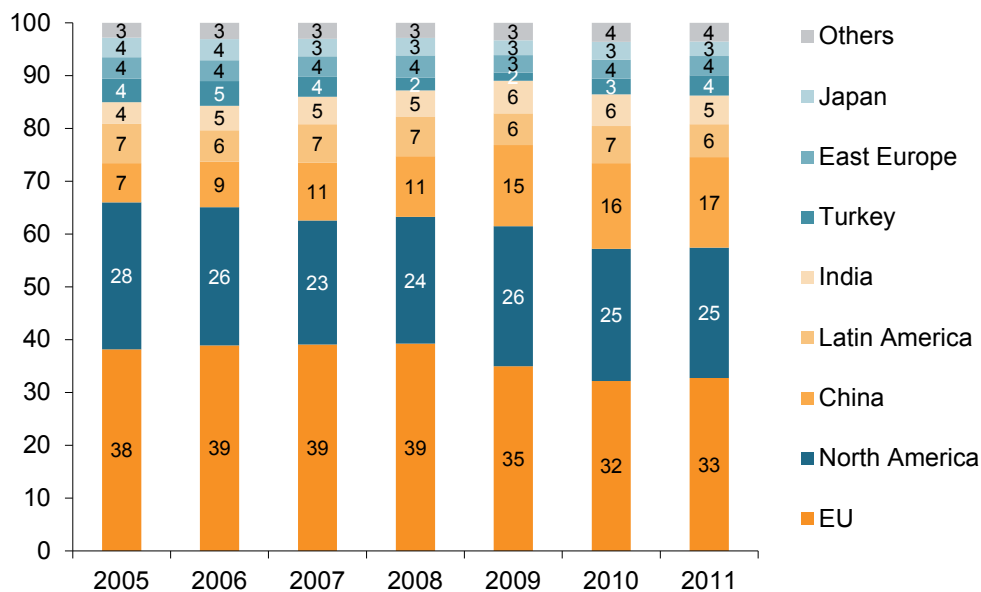
The years 2011 and 2012 represent a dynamic upswing of the markets for the European and global agricultural machinery industry. Based on higher agricultural income, investment in farming technology has increased with the objective to further improve productivity. Within Europe, a clear regional split between the northern and southern part has become evident over the past two years. While the markets in the north showed considerable growth, sales of new machinery dropped analogically with the overall economic depression in these countries. The European agricultural machinery manufacturers meanwhile are focusing more on Asian countries, especially China, which are new markets for their technological level. Above average growth still is seen for the big markets in the Community of Independent States (CIS).

### **Keywords**

Agricultural machinery market, economy, mechanization, investment need, emerging markets, economic climate, agricultural income



Nach dem abrupten Konjunkturereinbruch im Jahr 2009 hat sich die Landtechnikbranche in Europa und auch weltweit wieder deutlich und vor allem rascher erholt als erwartet. Einige europäische Unternehmen knüpften bereits im Jahr 2011 wieder an ihren Rekordumsatz des Jahres 2008 an, den meisten dürfte dies 2012 gelingen. Der VDMA rechnet für 2012 mit einer globalen Landtechnikproduktion von 86 Milliarden Euro. In der Europäischen Union dürfte sich eine Steigerung um etwa fünf Prozent auf 28 Milliarden Euro ergeben. Im folgenden Beitrag wird eingangs die europäische Entwicklung des Landtechnikmarktes dargestellt, gefolgt von einer Einordnung in die globale Branchenkonjunktur.



**Bild 1:** Regionale Verteilung der globalen Landtechnik-Produktion, in Prozent [1]

**Figure 1:** Global agricultural machinery production, shares in percent [1]

### Europäische Konjunktur mit Nord-Süd-Gefälle

Die Produktion von Landtechnik in der Europäischen Union repräsentiert mit knapp einem Drittel nach wie vor den weltweiten Löwenanteil. Deutschland hat sich in den vergangenen Jahren dabei an der Spitze etabliert – der zweitgrößte Standort Italien folgt wertbezogen mittlerweile mit einem Abstand von 30 Prozent. Für die Hersteller in beiden Ländern spielen die Exportmärkte die wesentliche Rolle, allerdings konnten die deutschen Marken in den vergangenen Jahren auch von einem außerordentlich starken Heimatmarkt profitieren. Dies kann man von Italien nicht behaupten – der Markt stagniert seit Jahren und liegt bezogen auf die Größe mittlerweile an vierter Stelle hinter Deutschland, Frankreich und Großbritannien. Die Herausforderung für einige Sektoren der italienischen Agrarwirtschaft liegt daher in der Umstrukturierung, um ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit signifikant erhöhen zu können.

Der Stand und die Entwicklung der Landtechnikmärkte in der Europäischen Union waren nie homogen und werden, den lokalen Gegebenheiten entsprechend, stets von einem Land zum anderen abweichen. Generell lässt sich feststellen, dass die letzte Finanz- und

Wirtschaftskrise 2009 mit einem Marktrückgang bei Landmaschinen um knapp ein Fünftel einen schmerzlichen Einschnitt für die Hersteller bedeutete. Vor allem diejenigen Unternehmen, die gleichzeitig einen hohen Exportanteil in die osteuropäischen Märkte – hauptsächlich nach Russland und in die Ukraine – aufgebaut hatten, traf es durch den plötzlichen Wegfall dieses Absatzpotentials an allen Fronten. Mit umso größerer Genugtuung konnte die Branche dann feststellen, dass sich nach nur knapp mehr als einem Jahr die Auftragsbücher ab Mitte 2010 wieder füllten, und zwar anfangs mit hohen zweistelligen Zuwachsraten. Dieser Trend hielt bei den deutschen, niederländischen oder französischen Herstellern auch im Jahr 2012, also bereits für zwei Jahre, an. Die Hersteller in Spanien, Italien oder Portugal bekamen dagegen seit Jahresende 2011 die Schwäche ihrer Heimatmärkte zu spüren und sind seither bestrebt, ihre Auftragsbücher wieder gefüllt zu bekommen.

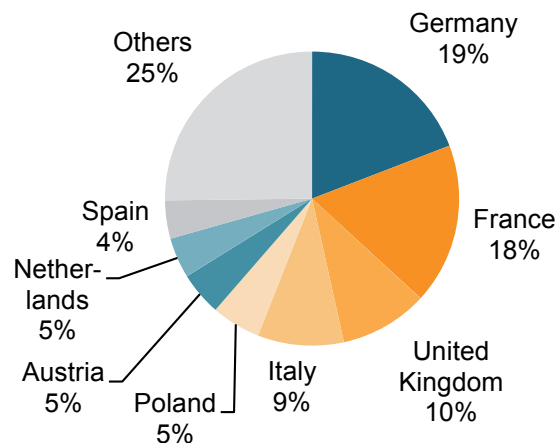
Diese Divergenz ist auch am monatlichen Stimmungsbarometer des europäischen Dachverbandes CEMA abzulesen. Im Juni 2012 rutschte der Geschäftsklima-Index der westeuropäischen Landtechnikindustrie erstmals seit zwei Jahren wieder ins Minus. Ein konjunktureller Abschwung wird jeweils eingeleitet durch verhaltene Zukunftsaussichten, gefolgt von einer schlechteren Bewertung der Geschäftslage. Ersteres hat sich für die gesamteuropäische Industrie zur Jahresmitte 2012 eingestellt: Im Juli erwarteten 35 Prozent der befragten Führungskräfte einen Rückgang ihrer Umsatzzahlen für das kommende Halbjahr, während nur noch 22 Prozent von einem weiteren Wachstum ausgingen. Die aktuelle Lage wurde dagegen noch von einer Mehrheit als positiv bewertet. Die Unterschiede zeigen sich aber deutlich, wenn man auf die einzelnen Länder-Ergebnisse blickt. Dabei bestätigt sich das erwähnte Nord-Süd-Gefälle. Während 60 Prozent der Hersteller in Deutschland und Österreich von einer guten oder sehr guten Geschäftslage berichten, und der Rest der Unternehmen zumindest die Note „zufriedenstellend“ vergibt, stuft die Hälfte der Unternehmensführer in Italien und Spanien ihre Situation als ungünstig oder sogar „sehr ungünstig“ ein. Dies spiegelt die unterschiedlichen Auftragsbestände wider: Im Frühjahr 2012, also vor der Hauptsaison, lagen diese bei den deutschen Herstellern im Durchschnitt bei über drei Monaten, in Italien und Spanien dagegen bei nur zwei Monaten und darunter.

### **Hoher Investitionsbedarf der südeuropäischen Landwirtschaft**

Der konjunkturelle Abschwung hat im südlichen Teil Europas bereits zu Jahresbeginn 2012 eingesetzt. Die Landwirtschaft konnte sich somit nicht abkoppeln von der gesamtwirtschaftlichen Depression. Die Landwirte blicken ebenso pessimistisch in die Zukunft wie die Beschäftigten in der Industrie oder im Dienstleistungssektor. Gleichzeitig hat das Agribusiness in naher Zukunft wieder die Chance, sich mit unternehmerischem Handeln und ein bisschen Glück hinsichtlich der klimatischen und meteorologischen Bedingungen wieder aufzurichten. Italien und Griechenland werden nach bisheriger Einschätzung keine schlechte Ernte einfahren. Auf der iberischen Halbinsel wirkt sich dagegen auch in diesem Jahr eine lang anhaltende Trockenheit negativ auf den Ackerbausektor aus. Letztlich wird aber die Einkommensentwicklung auch von den zu erzielenden Preisen bestimmt, sodass zu hoffen bleibt, dass der über die vergangenen Jahre fast um die Hälfte geschrumpfte spanische Landtechnikmarkt ab 2013 wieder etwas Auftrieb erhält.

Frankreich und Deutschland erzielen mit 66 bzw. 46 Milliarden Euro (2010) die größte landwirtschaftliche Wertschöpfung in der Europäischen Union. Deutschland ist größter Erzeuger von Milch, während Frankreich bei Getreide an der Spitze steht. Die beiden Länder führen auch bezüglich der Verkäufe von Landtechnik die europäische Rangliste an, wobei die deutschen Landwirte und Lohnunternehmer seit 2006 überproportional viel in ihre Technik investiert haben. Ein Grund hierfür dürfte der noch etwas stärkere Strukturwandel als im Nachbarland sein. Ebenso spielen in Frankreich die Sektoren Wein-, Obst- und Gemüseanbau eine größere Rolle, die besondere wirtschaftliche Durststrecken durchlaufen mussten. Derzeit läuft die Konjunktur in diesen beiden größten Märkten Europas noch rund. Die Investitionsabsichten der deutschen Bauern haben sich über den Sommer sogar noch weiter erhöht. Es ist somit deutlich spürbar, dass sich die Einkommenslage 2010/2011 wieder verbessert hatte und seither über dem langjährigen Durchschnitt liegt. Die Investitionslaune wird unter anderem von der weiteren Entwicklung der Erzeugerpreise abhängen. Der Milchpreis sorgte zwischenzeitlich bereits wieder für Unmut, die Molkereien haben im Zuge der weltweit erhöhten Produktionsmenge ihre Auszahlungspreise spürbar gedrückt. Andererseits bleiben die Landwirte auf den hohen Kosten sitzen. Angesichts des modernen und leistungsfähigen Maschinenbestandes, den sich die Landwirte in den vergangenen Jahren aufgebaut haben, dürften die Neuinvestitionen im Falle rückläufiger Einkommen ab 2013 entsprechend zurückgehen.

Ähnlich wie in den beiden beschriebenen größten Märkten verlief die Entwicklung in den übrigen Ländern West- und Nordeuropas. Die Schweiz und Österreich waren von der Krise 2009 sowieso nur sehr schwach betroffen – deren Landwirte hatten sich vergleichsweise unbeeindruckt gezeigt. In Großbritannien und den Niederlanden ging der Markt 2009 zwar ebenfalls spürbar zurück, es folgte aber auch hier ein kräftiger Aufschwung.



**Bild 2:** Verteilung des Landtechnikmarktes in der Europäischen Union (Ø der Jahre 2009-2011) [1]

**Figure 2:** Agricultural machinery market in the European Union (average share from 2009-2011) [1]

### **Große Entwicklungsschritte in Zentraleuropa**

Die jungen Mitgliedsstaaten der Europäischen Union in der geographischen Mitte Europas bilden nach wie vor die stärkste Wachstumszone. Polen besitzt mit 12 Millionen Hektar eine vergleichbare Ackerfläche wie das Nachbarland Deutschland und hat sich mittlerweile in der Rangliste der Landtechnikmärkte an die fünfte Stelle hochgearbeitet. Die polnischen Landwirte kauften 2011 neue und gebrauchte Technik im Wert von 1,3 Milliarden Euro. Der Großteil davon stammt aus dem Ausland, mit Deutschland als wichtigstem Lieferanten. Aber auch die nationale Industrie hat sich in den vergangenen Jahren beachtlich entwickelt und nähert sich dem westeuropäischen Standard an. Das Land hat – nach anfänglich stark ausgeprägter Skepsis im bäuerlichen Berufsstand – sehr von der Einbeziehung in die europäische Agrarpolitik profitiert. Zu den Investitionsförderprogrammen aus Brüssel kamen nationale Projekte, z. B. für Junglandwirte. Damit hat Polen die große Herausforderung gut gemeistert, den Anteil von mehr als 25 Prozent der Bevölkerung, die zum Zeitpunkt des EU-Beitritts in der Landwirtschaft beschäftigt waren, innerhalb von 15 Jahren um die Hälfte zu verringern und die Marktfähigkeit seiner landwirtschaftlichen Erzeugnisse merklich zu steigern.

Eine ähnliche Strategie wird auch die Regierung in Rumänien, dem zweitgrößten Flächenstaat unter den neuen Mitgliedsstaaten, verfolgen müssen. Die dortigen Förderprogramme zum Kauf neuer Landtechnik haben in den vergangenen Jahren der westeuropäischen Landtechnikindustrie zweifelsohne bereits gute Verkäufe beschert. Potential für eine höhere Mechanisierung und Schlagkraft der Betriebe gibt es weiterhin. Die Erweiterung der politischen Union setzt sich fort – mit Kroatien steht ein weiteres agrarisch geprägtes Land vor der Tür. Die Vorbeitrittsprogramme wirken sich bereits aus, aber die Entwicklung der Landwirtschaft steht erst am Anfang. So heterogen ist die europäische Realität.

### **Demographische Trends stützen den weltweiten Technologieeinsatz**

Die weltweiten Rahmenbedingungen für Landtechnik sind auf lange Sicht günstig. Eine schnell wachsende Bevölkerung, die es immer mehr in die Städte zieht und sich ein modernes Konsumverhalten aneignet, muss mit Nahrungsmitteln versorgt werden. Der steigende Fleischkonsum pro Kopf bedeutet einen überproportional höheren Bedarf an pflanzlichen Erzeugnissen. Die Politik strebt – vor allem in den großen Schwellenländern – außerdem einen möglichst hohen Selbstversorgungsgrad an. Für die Landwirtschaft und die vor- und nachgelagerten Bereiche bedeutet dies mehr Druck hinsichtlich der Ertragssteigerung vor Ort sowie lokales Engagement der Hersteller, zumal die Bedingungen für den Import von Maschinen und Anlagen in der Regel entsprechend erschwert werden.

Im Zuge dieser Entwicklung hat sich die globale Landtechnikbranche im vergangenen Jahrzehnt rasant gewandelt. Zum einen hat sie durch einen generell höheren Mechanisierungsgrad des landwirtschaftlichen Sektors ihre Absatzzahlen an Maschinen deutlich gesteigert. In den meisten Ländern gibt es gegenwärtig einen höheren Bestand an Landmaschinen als vor ein oder zwei Jahrzehnten. In nur abgeschwächter Form bezieht sich diese Feststellung auf Westeuropa und Nordamerika, wo die Mechanisierung der

Landwirtschaft die längste Historie hat. Eine Ausnahme mag ebenfalls die Region der früheren kommunistischen Staaten Osteuropas bilden, in der sich die Bedeutung des Agrarsektors nach dem Ende der Sowjetunion stark verringert hatte und große Flächen über Jahre aus der Bewirtschaftung genommen wurden. Zwar wurden in den vergangenen Jahren zwischen Polen und Sibirien viele neue Maschinen verkauft; der Gesamtbestand an einsetzbarer Technik dürfte aber noch unter dem des Sowjetzeitalters liegen. Einen immer größer werdenden Maschinenbestand finden wir jedoch vor allem in den großen Schwellenländern vor, die für die weltweite Nahrungsmittelversorgung bereits jetzt, aber vor allem in Zukunft, eine Schlüsselrolle spielen.

Das Paradebeispiel ist China als mittlerweile zweitgrößter Landtechnikmarkt der Welt, das in seinen Fünfjahresplänen stetig höhere Mechanisierungsgrade für die Landwirtschaft anstrebt und erreicht. Da das „Reich der Mitte“ dies hauptsächlich mit der eigenen Industrie realisieren will, hat sich der Anteil der chinesischen Produktion am weltweiten Volumen kontinuierlich erhöht – nach Schätzung des VDMA von sieben Prozent im Jahr 2005 auf 17 Prozent im Jahr 2011. Am chinesischen Markt kommt also mittlerweile kein großer Landtechnikhersteller mehr vorbei. Die Wachstumsraten in Bezug auf Landtechnik überstiegen in China in den vergangenen Jahren sogar die der Gesamtwirtschaft. Zwischen 2005 und 2010 dürften sie bei jährlich 15 bis 20 Prozent gelegen haben. Gleichzeitig blieb die Importquote des Landes unter fünf Prozent, da die nationale Politik die heimischen Hersteller schützt und die Endkunden, in der Regel kleinere Landwirtschaftsbetriebe, mit der nationalen Technik gut zurechtkommen. Für sogenannte „westliche“ Technik gibt es aber dennoch eine Nachfrage, vor allem von den professionell geführten Großbetrieben im Norden des Landes. Dieses Potential wird von namhaften europäischen und amerikanischen Herstellern durch Ansiedlung neuer Montage- und Produktionsstätten vor Ort nach und nach ausgeschöpft.



**Bild 3:** Außenhandel Chinas in Bezug auf Landtechnik, in Mio. USD [2]

**Figure 3:** Chinese foreign trade of agricultural machinery, in million USD [2]

In Südamerika schreitet die Mechanisierung ebenfalls voran. Brasilien verfügt bekanntlich über große noch auszuschöpfende Potentiale durch die – nicht unumstrittene – Umnutzung des Landes von Savannen- und Waldgebieten zu Acker- und Weideland. Argentinien als

zweitgrößter Flächenstaat des Subkontinents birgt ebenfalls noch viel Potential und hat sich vor allem zum Produzenten von Soja gewandelt. Paraguay und Uruguay haben ihren Stellenwert als wichtige Fleischlieferanten gefestigt, Chile steht eher für Sonderkulturen und Weinanbau. Für alle Bereiche wird Technik eingesetzt, wobei Argentinien und Brasilien ihre Märkte gegen Importe ebenfalls stark abschotten. Deswegen werden auch hier neue Fabriken der europäischen und nordamerikanischen Marken geplant. Zusätzlich drängen die asiatischen Hersteller auf eine Präsenz in diesem auf mittlere Sicht vielversprechenden Markt.

### **Neue Märkte rücken in den Fokus**

Die „Mechanisierungswelle“ für den Agrarsektor wird künftig weitere Regionen in den Fokus der Branche rücken. Es gibt mittlerweile ein wachsendes Engagement einiger Hersteller in Afrika, wo hinsichtlich der Nahrungsmittelversorgung in den vergangenen Jahrzehnten keine wirklichen Fortschritte erzielt wurden: Dies gilt vor allem, wenn man berücksichtigt, dass die Bevölkerung nur in geringem Maße in der Lage ist, sich mit Nahrungsmitteln selbst zu versorgen. Neben den 54 afrikanischen Ländern dürften, abgesehen von China und Indien, auch in einigen anderen der 47 asiatischen Staaten hohe Wachstumsraten für Landtechnik zu erwarten sein. Indonesien hat rund 225 Millionen Einwohner zu ernähren, und auch in Ländern wie Thailand und Vietnam setzt sich die Landflucht der Bevölkerung fort.

Die konjunkturelle Hochphase für die Landtechnikbranche, die wir weltweit 2011 und 2012 erlebt haben – nach einem, im Vergleich zu Europa, auf globaler Ebene gar nicht so starken Abschwung 2009 – dürfte sich in den kommenden zwei Jahren etwas abschwächen. Auf der einen Seite dürften sich die Sättigung der Märkte in Europa und Nordamerika sowie die geringeren Einkünfte der Bauern in diesen Regionen auf die Investitionsbereitschaft in neue Technik niederschlagen. Andererseits hängen potentielle Maschinenkäufe von Finanzierungsmöglichkeiten ab, die eher abnehmen werden. Schließlich ist eine gesamtwirtschaftliche Eintrübung, auch vor dem Hintergrund der in zahlreichen Ländern sichtbaren Schuldensituation, evident. Als drittes Argument für einen konjunkturellen Abschwung sind zu erwartende Einschränkungen hinsichtlich der staatlichen Stützung des Sektors anzuführen. Die Landwirte in den Mitgliedsländern der OECD hängen im Durchschnitt zu rund einem Fünftel von Subventionen der regionalen oder nationalen Regierungen ab. In anderen wichtigen Agrarländern wie China, Indien und Brasilien hat sich die Förderung ebenfalls ausgeweitet und wird im Fall einer gesamtwirtschaftlichen Flaute unter Umständen wieder eingeschränkt. Abgesehen von diesen kurzfristigen Schwankungen der Nachfrage kann sich die Branche aber mittel- und langfristig auf die Wirkung der „Megatrends“ verlassen: Ein höherer Mechanisierungsgrad wird in vielen Teilen der Welt zur Steigerung der Hektarerträge angestrebt. Gleichzeitig verlangen kritische Verbraucher und eine strengere Gesetzgebung die stärkere Verbreitung von präziser und automatisierter Technologie in der Landwirtschaft zur Erfüllung höherer Anforderungen an Umweltschutz, Bedienkomfort und Wirtschaftlichkeit.

## **Zusammenfassung**

Nach einem vor allem in Europa stark ausgeprägten konjunkturellen Abschwung für Landtechnik in den Jahren 2009 und 2010 befindet sich die Branche seither in einer Hochphase. Die Auftragseingänge der deutschen Hersteller lagen bis Mitte 2012 weiterhin über dem Niveau des Vorjahres. Ausschlaggebend sind die weltweit vergleichsweise hohen Preise für Agrargüter, die zu entsprechend hohen Einkommen der Landwirtschaft führen. Diese Finanzkraft versetzt die Landwirte in die Lage, in die Entwicklung ihrer Wettbewerbsfähigkeit zu investieren, für die ein moderner Maschinenpark Voraussetzung ist. Neben ihren traditionellen Absatzmärkten spielen für die westeuropäischen Hersteller von Landmaschinen und Traktoren mittlerweile auch die Schwellenmärkte Asiens, allen voran China, eine große Rolle. Die Herausforderung für die Bearbeitung dieser Märkte liegt neben einigen spezifischen Kundenanforderungen darin, einen geeigneten Marktzugang zu finden, um mit den steigenden tarifären und nichttarifären Handelshemmnissen zurechtzukommen.



## **Literatur**

- [ 1] VDMA Landtechnik
- [ 2] Nationales Statistikamt, VDMA

### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

#### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Wiesendorfer, Gerd: Die konjunkturelle Entwicklung der Landtechnikindustrie. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-9

#### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043431>

#### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/64.html>



## **Weiterentwicklung der landtechnischen Sicherheitsnormen**

Norbert Alt,  
Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau VDMA

### **Kurzfassung**

Die landtechnischen Sicherheitsnormen bilden einen wichtigen Teil des sicherheitstechnischen Regelwerkes für Landmaschinen und tragen wesentlich zur Sicherheit in der Landwirtschaft und dem freien Warenverkehr in der EU bei. Voraussetzung ist jedoch, dass die Normen geeignete und dem aktuellen Stand der Technik entsprechende Sicherheitsanforderungen beschreiben. Um dies sicherzustellen, wurde ein Norm-Überprüfungsprozess unter Einbeziehung aller interessierten Kreise durchgeführt mit dem Ergebnis, dass die Eignung der Normen zur Konkretisierung der EG-Richtlinie Maschinen bestätigt und Änderungsvorschläge zur Aktualisierung und Vervollständigung des sicherheitstechnischen Normenwerkes vorgelegt wurden. Die Vorschläge werden zurzeit in die internationale Normung eingebracht.

### **Schlüsselwörter**

Landtechnik, Sicherheit, Norm

## **Further development of agricultural machinery safety standards**

Norbert Alt,  
German Engineering Federation VDMA

### **Abstract**

The safety standards for agricultural machinery constitute an essential part of the safety regulations and contribute to the safety in agriculture and the free movement of goods in Europe. The pre-condition for this important role is that these standards include appropriate safety requirements which correspond to the actual state of art. To satisfy this pre-condition the safety standards for agricultural machinery were reviewed by a process involving all interested parties. As result, this process confirmed the available safety standards as appropriate instruments for implementing the machinery directive and delivered various proposals for actualization and completion. These proposals are now presented to the ISO committees.

### **Keywords**

Agricultural machinery, safety, standard

## Rolle und Bedeutung der Normen

Entsprechend dem Harmonisierungskonzept 'New Approach' gliedert sich das technische Regelwerk in einen gesetzlichen (EG-Richtlinien) und einen normativen (harmonisierte Europäische Normen) Teil. Paradebeispiel ist die EG-Richtlinie Maschinen (aktuelle Fassung 2006/42/EG) und die dazu im Amtsblatt der Europäischen Union gelisteten Sicherheitsnormen für Maschinen [1]. Der Europäische Gesetzgeber, d. h. Ministerrat, Parlament und Kommission, verfolgt mit dem New Approach die Ziele, den Europäischen Harmonisierungsprozess zu beschleunigen, indem die Richtlinien nur grundlegende Anforderungen definieren, die technische Diskussion den Produkt- und Normungsexperten zu überlassen und damit ein schlankes und dynamisches Regelwerk zu schaffen. Mit den Instrumenten 'Mandatierung' und 'Listung im Amtsblatt' behält der Gesetzgeber die Kontrolle über die Normungsarbeiten, ohne selbst direkt involviert sein zu müssen.

Von harmonisierten Europäischen Normen geht die sog. Vermutungswirkung aus. D. h. werden Produkte / Maschinen entsprechend einer harmonisierten Europäischen Norm gestaltet, können Hersteller und Marktaufsichtsbehörden davon ausgehen, dass die gesetzlichen (technischen) Anforderungen erfüllt sind. Für den Hersteller resultiert aus der Normanwendung der weitere Vorteil, dass sich die in der Maschinen-Richtlinie geforderte Risikobeurteilung erheblich vereinfacht (**Bild 1**).

Übersicht zum Vorgehen bei Fall 1 und 2						
	Lebensphase/ Tätigkeit	Gefährdung	Gefährdung in Norm hinreichend behandelt	Risiko(einschätzung)		Maßnahme zur Risiko- minderung
				Schwere	Wahrschein- lichkeit	
Fall 1	A	B	JA	Siehe Norm	Siehe Norm	Siehe Norm
Fall 2	A	B	NEIN	?	?	?
<b>Fall 1:</b> Spezifische Gefährdung von Norm erfasst.						
<b>Fall 2:</b> Spezifische Gefährdung von Norm nicht erfasst.						

**Bild 1:** Rolle von Normen bei der Risikobeurteilung [2]

**Figure 1:** Relationship between standards and risk assessment [2]

## Gründe für den Aktualisierungsbedarf

Für den Bereich Land- und Forstmaschinen sind derzeit rd. 50 Sicherheitsnormen in Verbindung mit der Maschinen-Richtlinie im Amtsblatt der Europäischen Union gelistet, die im Wesentlichen in den 1990er Jahren auf Europäischer (CEN) und internationaler (ISO) Ebene erarbeitet wurden. Die Notwendigkeit, diese Normen zu aktualisieren und weiter zu entwickeln, resultierte insbesondere aus drei Gründen.

Normen müssen den Stand der Technik widerspiegeln, d. h. sie müssen dem aktuellen Entwicklungsstand von Maschinen abbilden, um einerseits für Entwicklung und Konstruktion ein geeignetes Hilfsmittel darzustellen und um andererseits bei der sicherheitstechnischen Beurteilung z. B. durch Marktaufsichtsbehörden auf Akzeptanz zu stoßen. Da Normen vorwiegend den anerkannten Stand der Technik beschreiben, ergibt sich aus immer kürzer werdenden Entwicklungszyklen in der Industrie in Verbindung mit dem für die Normerstellung notwendigen Zeitbedarf praktisch ein ständiger Aktualisierungsbedarf.

Von den in der Maschinen-Richtlinie geforderten, grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen wurden in der Vergangenheit nicht alle Anforderungen in den Landtechnik-Normen berücksichtigt, da die für den gesamten Maschinenbau formulierten Anforderungen teilweise für Landmaschinen als nicht relevant angesehen wurden oder zum Teil auch keine konkreten Vorschläge zur Maschinen-spezifischen Konkretisierung zur Verfügung standen. Aus dem zuvor genannten Interesse an möglichst vollständigen Normen resultierte ein Ergänzungsbedarf.

Ende der 1990er Jahre beschloss die Landmaschinenbranche, die bis dahin vorwiegend auf Ebene der EU erfolgte Sicherheitsnormung auf die internationale Plattform ISO zu verlagern, um damit der zunehmenden Globalisierung von Märkten und Unternehmen Rechnung zu tragen. In einem ersten Schritt wurde eine begrenzte Anzahl von Normen für die Bearbeitung als EN ISO-Norm ausgewählt, um Erfahrungen zu sammeln. Da sich EN ISO-Normen, d. h. Normen, die in der Regel unter der Federführung von ISO und unter Beachtung der Europäischen Vorgaben erarbeitet werden, zwischenzeitlich als geeignetes Instrument für die Landtechnik bewährt haben, ist dieser Weg konsequent fortzusetzen und auf alle landtechnischen Sicherheitsnormen zu übertragen.

### **Vorgehensweise bei der Weiterentwicklung und erzielte Ergebnisse**

Die Diskussion der landtechnischen Sicherheitsnormen erfolgte im Rahmen eines sog. Norm-Überprüfungsprozesses durch die vom VDMA geführte Normengruppe Landtechnik (NLA) und deren Technischen Ausschüsse. Der Prozess zeichnete sich dadurch aus, dass praktisch alle Sicherheitsnormen für die Landtechnik und rd. 150 einzelne Sachverhalte in einem vergleichsweise kurzen Zeitraum (2008 bis 2010) analysiert wurden. Die Bereitschaft des staatlichen Arbeitsschutzes und von Maschinenanwendern in diesem Prozess mitzuwirken, ermöglichte es, zusätzliche Erfahrungen einzubinden und damit die Zielsetzung, die landtechnischen Normen in Bezug auf Verständlichkeit, Vollständigkeit, Übereinstimmung mit den gesetzlichen Anforderungen und Aktualität zu optimieren, zu realisieren. Die äußerst konstruktiven Gespräche führten nicht nur zu einem gemeinsamen Verständnis, wie die generellen Sicherheitsanforderungen der Maschinen-Richtlinie in Hinblick auf die spezifischen Bedingungen in der Landwirtschaft anzuwenden sind, sondern mündeten auch in einem regelmäßigen Dialog zwischen Herstellern und Arbeitsschutz.

In Bezug auf die Ergebnisse lieferte der Norm-Überprüfungsprozess eine Vielzahl von eher redaktionellen Vorschlägen, die insbesondere auf eine bessere Verständlichkeit der Normen im Sinne von eindeutigeren Formulierungen abzielen. Daneben wurden aber auch Vorschläge für neue Anforderungen oder wesentliche Änderungen an bestehenden

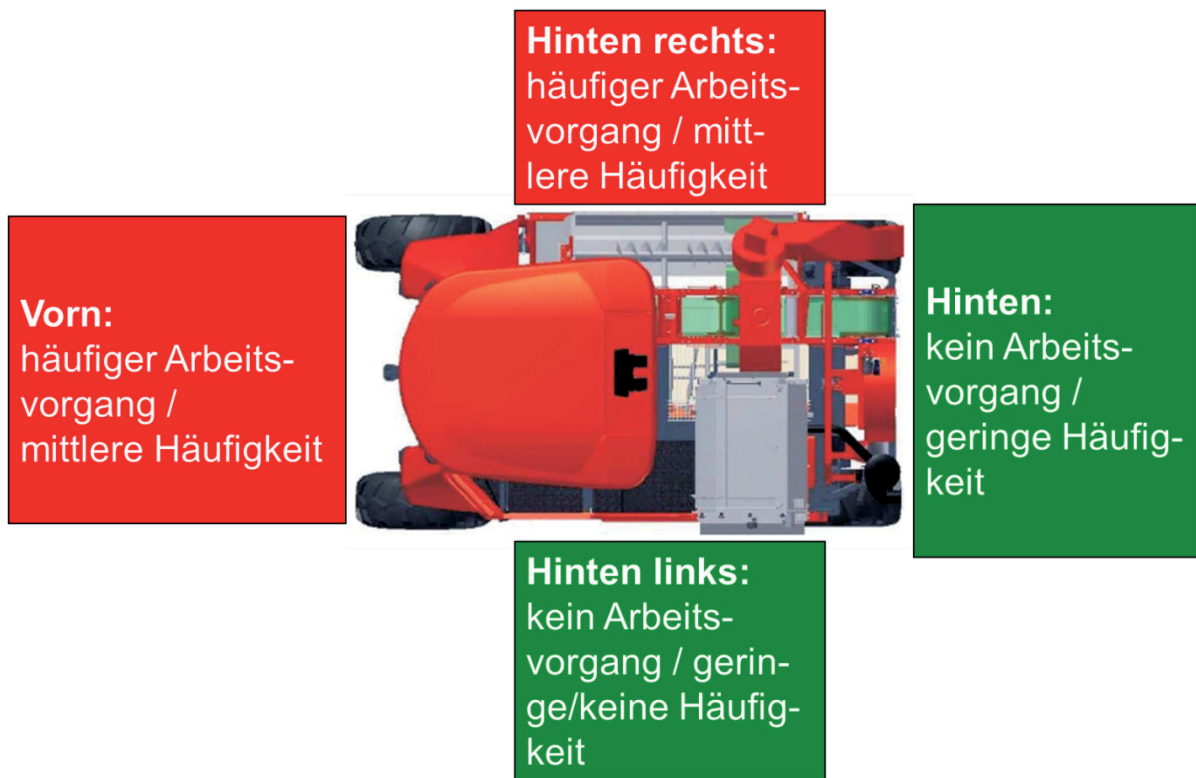
Anforderungen formuliert. Wichtige Beispiele, die für alle oder den Großteil von Landmaschinen relevant sind, werden im Folgenden anhand von vier Beispielen erläutert.

Da die generelle Forderung der EG-Richtlinie Maschinen (Anhang I, Ziffer 1.3.7), dass bewegliche Teile von Maschinen gegen Berühren zu sichern sind, bei Landmaschinen insbesondere in Bezug auf Arbeitswerkzeuge nicht umsetzbar ist, fordern die landtechnische Sicherheitsnormen einen Schutz gegen unbeabsichtigtes Berühren, z.B. durch Abweisbügel. Dieser Grundsatz wurde im Rahmen des Norm-Überprüfungsprozesses von allen Beteiligten bestätigt. Mit einem entsprechenden Ergänzungsvorschlag für die Grundlagen-Norm EN ISO 4254-1 soll diese für die Landtechnik zentrale Aussage jetzt auch ausdrücklich in der Norm dokumentiert werden [3]. In Bezug auf Abweisbügel, die für die Straßenfahrt zur Reduzierung der Maschinenbreite eingeklappt werden können, soll ergänzend gefordert werden, dass der Maschinenbetrieb nur dann möglich sein darf, wenn sich der Abweisbügel in Schutzstellung befindet.

In Bezug auf die Forderung der Maschinen-Richtlinie (Anhang I, Ziffer 3.2.1), dass Fahr- und Arbeitsbereiche vom Fahrerplatz aus eingesehen werden können müssen, um den gefahrlosen Maschineneinsatz zu ermöglichen, wurde ein neues Prüfverfahren entwickelt, das einzelne Sichtbereiche definiert und nach der Wahrscheinlichkeit des Eintretens einer Gefahrensituation klassifiziert (**Bild 2**). In diesen Bereichen muss jeweils ein definierter Prüfkörper vom Fahrersitz aus erkannt werden können. Ist dies nicht oder nur eingeschränkt möglich, sind definierte Maßnahmen zu ergreifen. Um diese Methode auch auf angebauten und gezogenen Maschinen anwenden zu können, wurden – analog zu der Geräuschmessung – fiktive Augenpunkte definiert, so dass die Überprüfung der Sichtfeldanforderungen bei Geräten Traktor-unabhängig erfolgen kann. Dieser Vorschlag wurde zur Revision von ISO 5721 bei ISO eingebracht [4].

Ein weiteres Beispiel für eine neue Anforderung ist das Ergebnis zu 'Nothalt-/Notaus-Einrichtungen' (Anhang I, Ziffer 1.2.4.3 der Maschinen-Richtlinie). Hierzu wurde ein Vorschlag entwickelt, der die Ausrüstung von Landmaschinen mit Notaus-Einrichtungen z. B. für die Fälle fordert, dass der Bedienplatz (Fahrerplatz) der Maschine während des Betriebs nicht ständig besetzt ist, die Kommunikation zwischen mehreren, auf einer Maschine vorhandenen Arbeitsplätzen eingeschränkt ist oder Maschinen mittels Fernbedienung gesteuert werden.

In Hinblick auf die stetig zunehmende Komplexität bei Landmaschinen kommt der Sicherheit und Zuverlässigkeit von Steuerungen eine zentrale Bedeutung zu (EG-Richtlinie Maschinen, Anhang I, Ziffer 1.2). Um den Umgang mit dieser komplexen Thematik zu erleichtern, wurde von dem Technischen Ausschuss Elektronik die internationale Norm ISO 25119 entwickelt, die jetzt als Referenz-Norm in EN ISO 4254-1 aufgenommen werden soll [5]. Damit geht - quasi indirekt - auch von ISO 25119 die sog. Vermutungswirkung aus und diese Norm kann auch formal als Alternative zu anderen Grundlagennormen im Bereich der funktionalen Sicherheit angewendet werden.



**Bild 2:** Verschiedene Sichtfeldbereiche am Beispiel eines Traubenvollernters [6]

**Figure 2:** Different areas of the field of vision - example of grape harvester [6]

### **Aktueller Diskussionsstand bei der Umsetzung der Ergebnisse bei ISO**

In Hinblick auf die Anzahl der von dem Norm-Überprüfungsprozess betroffenen Normen, die unterschiedlichen Veröffentlichungsdaten und, um eine effiziente Bearbeitung der Revisionsvorschläge auf ISO-Ebene zu ermöglichen, werden die Änderungs- und Ergänzungsvorschläge in drei Phasen in die internationale Diskussion eingebracht (**Bild 3**). Die Phase I, mit der die Grundlagennorm EN ISO 4254-1 und die Norm für das Sichtfeld ISO 5721 überarbeitet werden sollen, ist zwischenzeitlich inhaltlich weitgehend abgeschlossen.

Das für die Revision von EN ISO 4254-1 vorgesehenen Dokument wurde in der Sitzung des Sicherheitskomitees ISO/TC 23/SC 3 'Sicherheit & Komfort', das gemeinsam von Deutschland und USA geleitet wird, im Mai 2012 zur Einleitung der Schlussabstimmung freigegeben. Die von Deutschland eingebrachten, aus dem Norm-Überprüfungsprozess resultierenden Änderungsanträge wurden praktisch vollständig berücksichtigt. Die Veröffentlichung der Neuauflage von EN ISO 4254-1 dürfte im Frühjahr 2013 erfolgen.

In Bezug auf die Sichtfeldnorm ISO 5721 haben Teil 1 (Sichtfeld nach vorne) und Teil 2 (seitliches Sichtfeld) im Sommer 2012 das Entwurfsstadium erreicht, so dass mit der Bearbeitung des darauf aufbauenden Teiles 3 (Rundum-Sicht im Sinne der Maschinen-Richtlinie) Ende 2012 begonnen werden konnte.

Im Sommer 2012 wurde mit der Formulierung der konkreten Änderungs- und Ergänzungsvorschläge zu den Sicherheitsnormen der Phase II begonnen, so dass deren

Revision Ende 2012 beantragt werden konnte. Die Umsetzung der Ergebnisse des Norm-Überprüfungsprozesses verläuft damit insgesamt nach Plan.



**Bild 3:** Zeitplan für die Revision der landtechnischen Sicherheitsnormen

**Figure 3:** Time schedule for the revision of safety standards

### Zusammenfassung

Die landtechnischen Sicherheitsnormen bilden einen wichtigen Teil des sicherheitstechnischen Regelwerkes für Landmaschinen und tragen wesentlich zur Sicherheit in der Landwirtschaft und dem freien Warenverkehr in der EU bei. Voraussetzung ist jedoch, dass die Normen geeignete und dem aktuellen Stand der Technik entsprechende Sicherheitsanforderungen beschreiben. Um dies sicherzustellen, wurde ein Norm-Überprüfungsprozess unter Einbeziehung aller interessierten Kreise durchgeführt mit dem Ergebnis, dass die Eignung der Normen zur Konkretisierung der EG-Richtlinie Maschinen bestätigt und Änderungsvorschläge zur Aktualisierung und Vervollständigung des sicherheitstechnischen Normenwerkes vorliegen. Die vorliegenden Vorschläge werden zurzeit in die internationale Normung eingebracht.



## **Literatur**

- [1] Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17.05.2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG
- [2] Heimann, S.; Tieden, H.: Leitfaden zur Beurteilung von Risiken bei der Entwicklung und Konstruktion von Landmaschinen, VDMA
- [3] EN ISO 4254-1 Landmaschinen; Sicherheit; Teil 1: Generelle Anforderungen
- [4] ISO 5721 Tractors for agriculture; operator's field of vision
- [5] ISO 25119 Tractors and machinery for agriculture and forestry; safety-related parts of control systems; Part 1: General principles for design and development; Part 2: Concept phase; Part 3: Series development, hardware and software; Part 4: Production, operation, modification and supporting processes
- [6] Normengruppe Landtechnik (NLA); Arbeitsunterlagen der Projektgruppe "Sichtfeld", unveröffentlicht

## **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

### **Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 21.08.2012

### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Alt, Norbert: Weiterentwicklung der landtechnischen Sicherheitsnormen. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-7

### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043432>

### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/85.html>

## **Herausforderung Kommunikationssysteme**

Andreas Möller,  
Landmaschinenfabrik Grimme GmbH & Co. KG, Damme

### **Kurzfassung**

Software verändert die Welt und macht auch vor der Landtechnik nicht halt. Smartphones und anderes Kommunikationsequipment aus der Consumer-Elektronik sind Vorbild für zukünftige Kommunikationssysteme der Landtechnik. Hohe Ansprüche der Kunden und knappe Entwicklungsressourcen bei immer komplexeren Systemen motivieren die Hersteller zur Zusammenarbeit. Ein neues Bewusstsein für Partnerschaft und Wettbewerb entsteht. Moderne Landwirte und Lohnunternehmer erwarten von den Landtechnik-Unternehmen nicht nur Maschinen, sondern ganzheitliche prozessorientierte Lösungen. Teil dieser ganzheitlichen Lösungen sind mehr und mehr aber auch Softwarekomponenten und -pakete, die eine andere Aufstellung der Bereiche Vertrieb und Service in den Unternehmen voraussetzt.

### **Schlüsselwörter**

Smartphone, Apps, prozessorientierte Lösungen, Zusammenarbeit, IT-Equipment, Softwarekomponenten, Funktionale Sicherheit, ISO 25119, ISOBUS, CCI e.V., AEF, Elektrifizierung, TIM, Taskcontroller, FMIS

## **Challenge communication systems**

Andreas Möller,  
Landmaschinenfabrik Grimme GmbH & Co. KG, Damme

### **Abstract**

Software is changing the world and does not stop at the agricultural industry. Smartphones and all other communication equipment from consumer electronics are inspiring examples for future communication systems within the agricultural technologies. Increasing demands of the customers and small development personnel resources together with more and more complex systems motivate the industry to go into co-operations. A new awareness in terms of co-operation and competition comes up. Modern farmers and contractors expect not only equipment, but also process-orientated integrated solutions from the ag-industry. Integrated solutions consist more and more of software-components and -bundles, which require a new setup of the sales and service inside the ag-industry.

### **Keywords**

Smartphone, apps, process-oriented solutions, cooperation, computer-equipment, software components, functional safety, ISO 25119, ISOBUS, CCI e.V., AEF, electrification, TIM, Taskcontroller, FMIS



Aus dem Alltag unserer Gesellschaft schon nicht mehr wegzudenken – Smartphones, Tablets, Soziale Netze, Cloud – alles Synonyme allumfassender Kommunikation. Die Grenzen der Kommunikation verschwimmen, nicht nur geografisch im Sinne von Globalisierung und Freiheit der Kommunikation, sondern auch zwischen Familie, Freizeit und Arbeitswelt - wir sind im Web 2.0 angekommen. Landwirte und Lohnunternehmer können und wollen sich dieser Entwicklung nicht entziehen – es braucht Lösungen. Die Landtechnik-Industrie ist mehr denn je gefragt, effektive, handhabbare Produkte in Hard- und Software anzubieten, die diesen immer neuen Ansprüchen gerecht werden. Bis jetzt nicht unbedingt Kernkompetenz eines jeden Landtechnik-Herstellers. Die Landtechnik sieht sich noch dazu in einem gewissen Wettbewerb zu den bekannten Anbietern der Consumer-Elektronik ausgesetzt, so verwundert es nicht, dass plötzlich "Apps" in Landmaschinen und Traktoren Einzug halten und namhafte Hersteller "App-Shops" einrichten.

Moderne Bedienterminals müssen sich ein Stück weit mit Smartphone und Tablet messen lassen, dank Touchscreen und moderner Kommunikationsschnittstellen wie Bluetooth, WLAN und Mobilfunk auf den ersten Blick technisch erst mal kein Problem. Schaut man aber genauer hin, wird es weitaus schwieriger. Unsere Kunden sind relativ leidensfähig was ihr gesamtes IT-Equipment inklusive Smartphone & Co. und die eingesetzte Software angeht, da akzeptiert man schon leicht mal Inkompatibilitäten und hohe Aufwände für Service und Wartung.

Bei der Einsatzsicherheit der Maschinen ist man da weitaus weniger tolerant, es muss mit den Maschinen natürlich Geld verdient werden, jeder Ausfall hochwertiger Landtechnik ist teuer. Baut man als Landtechnik-Hersteller IT-Equipment auf die Maschinen, übernimmt man sofort die Verantwortung für die Einsatzsicherheit dieses Equipments mit. Der Kunde misst hier mit dem Maßstab, den er auch bei hochwertigen Maschinen einsetzt. Bei Innovationsgeschwindigkeit und Preis dieses IT-Equipments nimmt er natürlich gerne den Maßstab der Consumer-Elektronik.

Verstärkt wird diese Problematik durch die stetig wachsende Anforderung an die Landtechnik-Hersteller in Bezug auf die Maschinenrichtlinie und auf Funktionale Sicherheit, insbesondere auch durch die Einführung der ISO-Sicherheits-Norm für Elektronische Steuerungssysteme in der Landtechnik – ISO 25119. Nach dem V-Modell entwickelte Maschinen- und Bediensoftware steht hier im krassen Gegensatz zu beliebig frei installierbaren Apps, die natürlich mit der Maschinen- und Bediensoftware interagieren sollen.

So muss ein modernes Bedienterminal auf der einen Seite eine sichere, möglichst intuitive Bedienung der Maschine gewährleisten, auf der anderen Seite so flexibel, kommunikativ, individuell und offen sein wie Smartphone & Co. und das bei maximaler Einsatzsicherheit und optimalem Service. Keine kleine Herausforderung, aber gibt es Alternativen?

Betrachtet man in den letzten Jahren die Innovationen in der Landtechnik, stellt man sehr einfach fest, es geht immer seltener ohne Elektronik und Software. Es ist ein Prozess des Umdenkens und der Veränderung in der Branche erforderlich. War bisher die Software in den Steuer- und Bediengeräten versteckt und als notwendiges Übel mit der Maschine verkauft worden, so wird in es in der Zukunft notwendig sein, Softwarekomponenten aktiv zu

verkaufen. Die Software leistet einen signifikanten Beitrag, Maschinen effizienter zu machen. Im globalen Wettbewerb wird der Bereich der Softwarelösungen stark an Bedeutung zunehmen.

Hinzu kommen noch die abnehmende Affinität zur Maschine an sich und die zunehmende Sicht auf die ganzheitlichen Produktionsprozesse in der Landwirtschaft. Mit welchen Maschinen und welchem Equipment und welchen Softwarelösungen können Landwirte und Lohnunternehmer die effektivsten Prozesse realisieren, im Fokus stehen mehr und mehr die Gesamtkosten pro bearbeitetem Hektar oder pro Tonne des verarbeiteten Erzeugnisses. Die Landtechnik ist gefragt, nicht nur Maschinen zu verkaufen, sondern ganzheitliche prozessorientierte Lösungen anzubieten. Sicher auch keine kleine Herausforderung, sich auf unseren globalisierten Märkten für diese Veränderung aufzustellen.

Wenn man ganzheitliche prozessorientierte Lösungen anbietet, verlässt man als Landtechniker auch schnell mal den Acker und landet in den Büros von Landwirten und Lohnunternehmern, denn hier werden die Prozesse gesteuert. Auch hier stolpert man über Herausforderungen, eine inhomogene Landschaft von einzelnen Softwarelösungen und herstellerspezifischen Online-Portalen in einer PC-Landschaft mit häufig noch sehr inkompatiblen Schnittstellen. Die Landtechnik wird nicht darum herumkommen, sich auch in dieser eher IT-geprägten Welt für Standardisierung und herstellerunabhängige Lösungen einzusetzen.

In Anbetracht der Aufzählung all dieser Herausforderungen kann man sich natürlich fragen: Wie soll die Landtechnik das alles schaffen? Noch dazu in Zeiten, in denen Humanressourcen knapp sind und die Innovationsgeschwindigkeit branchenübergreifend durch den allgegenwärtigen Engpass der Softwareentwicklungskapazitäten begrenzt wird.

Es gibt sicherlich kein generelles Erfolgsrezept, aber grundsätzlich ist es hilfreich diese großen Herausforderungen gemeinsam zu meistern. Es ist schade, wenn die knappen Ressourcen dazu verwendet werden, parallel ähnliche Lösungen zu entwickeln, die dann auch noch den Nachteil haben, nicht zueinander kompatibel zu sein - man muss das Rad nicht mehrmals erfinden. Zusammenarbeit ist generell hilfreich, nicht ohne Grund sind Herstellerinitiativen wie AEF (Agricultural Industry Electronic Foundation e.V.) und CCI (Competence Center ISOBUS e.V.) so erfolgreich. Diese Beispiele sollten in der Branche Schule machen und von allen Unternehmen der Landtechnik verantwortungsbewusst durch aktive Teilnahme unterstützt werden.

Da sich auch in diesen Organisationen die Ressourcen nicht unendlich steigern lassen, ist es für die Landtechnik wichtig, mehr und mehr die externen Ressourcen von Zulieferern und Instituten anzuzapfen. Auch heute noch in der Landtechnik nicht tätige Unternehmen, z.B. aus der IT- oder Logistik-Branche, könnten mobilisiert werden, an den ganzheitlichen prozessorientierten Lösungen mitzuarbeiten. Ein neues vertrauliches Miteinander muss sich entwickeln, wichtig für jede effektive, zielorientierte und nachhaltige Zusammenarbeit geprägt von partnerschaftlichem Umgang miteinander. Dazu ist es wichtig zu erkennen und rechtzeitig zu kommunizieren, wo jeder von der Zusammenarbeit profitieren will und wo man aufgrund des Wettbewerbs eigene Wege gehen will. Ein gemeinsames Verständnis aller Beteiligten ist gefragt und beugt späteren Missverständnissen vor.

Nach wie vor bietet der ISOBUS ein großes Potenzial der Zusammenarbeit: Im AEF arbeitet man intensiv an der Fertigstellung des Conformance-Tests, der die Kompatibilität der ISOBUS-Komponenten aller Hersteller garantieren soll, entscheidend wichtig für den möglichst problemlosen Betrieb beim Kunden. Dokumentiert werden diese Ergebnisse der Kompatibilität in der ISOBUS-Database, eine für den weltweiten Handel und Service nutzbare Datenbank, in der nachgeschaut werden kann, welche ISOBUS-Kombinationen ohne Probleme betrieben werden können und auf welchem kleinsten gemeinsamen Nenner die ISOBUS-Kommunikation verschiedener Fabrikate und Baureihen stattfinden kann. Es ist auch eine Plattform, auf der die internationalen Landtechnikhersteller eine schnelle Lösungsfindung für den gemeinsamen Kunden im Falle von Inkompatibilitäten betreiben können.

Ein weiteres spannendes Thema zum ISOBUS ist unter dem Synonym TIM (Tractor-Implement-Management) bekannt. Ziel ist es hier, Traktor und Geräte im Verbund leistungsfähiger im Sinne der Prozesse zu machen. Die Steuerung der Ressourcen des Traktors, wie z.B. Zapfwelle, Hydraulik oder Fahrgeschwindigkeit werden der Gerätesteuerung zur Verfügung gestellt, um geregelte und automatisierte Prozesse im Gespann zur Verfügung zu stellen, ähnlich wie es heute auf modernen Selbstfahrern möglich ist.

Durch das Auftragsmanagement (Taskcontroller) im ISOBUS motiviert hat sich eine weitere in der AEF gestartete Initiative, die sich im Sinne ganzheitliche prozessorientierte Lösungen mit den Farmmanagement-Lösungen (FMIS) beschäftigt, als Projektgruppe etabliert und möchte die Kompatibilität der Systeme verbessern. Sie soll herstellerunabhängige Lösungen voranbringen, um Landwirten und Lohnunternehmen den Einstieg in ganzheitliche Datenmanagement-Lösungen zu erleichtern und die anwachsenden Anforderungen an Dokumentation gerecht zu werden.

Aufgrund immer leistungsfähigerer Maschinen verbreitet sich der Einsatz von Video-Systemen in der Landtechnik. Leider ist es bis heute so, dass keinerlei Standard vorhanden ist. Auch hier hat sich innerhalb der AEF eine Projektgruppe gebildet, die diesem Zustand entgegenwirken möchte.

Im Bereich der Elektrifizierung von Leistungsantrieben in Landmaschinen arbeiten mehrere Hersteller in einer Initiative zusammen, um gemeinsam elektrische Antriebe in Landmaschinen zu erforschen, zu entwickeln und möglichst zu einem Standard zu führen. Im Fokus stehen dabei Energieeffizienz, Flexibilität und Regelgenauigkeit dieser Antriebskonzepte.

Auch im CCI wird weiter gemeinsam sehr effektiv an Themen zum ISOBUS gearbeitet. Gut ist auch, dass das CCI den Knowhow-Transfer zum ISOBUS stark vorangebracht hat und auch noch weiter ausbauen wird. Viele Schulungseinheiten für Vertrieb, Service und Entwicklung stehen zur Verfügung. Man rüstet sich auch als eines der ersten akkreditierten Testinstitute der AEF, um den Conformance-Test und einen Software-Integrations-Test an realen Geräten anbieten zu können.

## **Zusammenfassung**

Auch in der Landtechnik hilft herstellerübergreifende Zusammenarbeit, um die immer komplexer werdenden Herausforderungen gemeinsam zu meistern. Insbesondere der Engpass bei Entwicklungsressourcen, speziell auch bei der Softwareentwicklung, motivieren die Unternehmen der Branche neue Wege miteinander zu beschreiten. Es gibt schon viele gute Beispiele von Herstellerinitiativen, aber das Potenzial für weitere gemeinsame Schritte ist noch groß. Es muss sich ein neues Vertrauen in der Zusammenarbeit entwickeln, das trotz harten Wettbewerbes auf den Märkten dieser Welt Bestand hat. Ein neues Verständnis im Umgang mit den Kunden für ganzheitliche prozessorientierte Lösungen wird entstehen.

## **Literatur**

- [1] <http://www.aef-online.org>
- [2] <http://www.cc-isobus.com>

### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

#### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Möller, Andreas: Herausforderung Kommunikationssysteme. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-6

#### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043433>

#### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/66.html>

## **Service- und Dienstleistungstechnologie**

Markus Robert,  
Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Technische Universität Braunschweig

### **Kurzfassung**

In den letzten zehn Jahren hat der Bereich der Service- und Dienstleistungstechnologien mit dem Einzug neuer Kommunikationssysteme einen enormen Wandel durchlebt. Durch die unmittelbare Vernetzung zwischen den Fahrzeugen auf dem Feld und einem zentralen Backendserver wurden viele neue Servicemöglichkeiten geschaffen. Innerhalb kürzester Zeit kann auf unvorhergesehene Störungen reagiert werden, die Leistung der gesamten Maschinenflotte lässt sich optimieren und Stillstandszeiten werden reduziert. Auch neue Systeme, die sich zum Beispiel an dem vom Smartphone bekannten Konzept der Apps orientieren oder aktuelle wissenschaftliche Forschungsprojekte, wie z.B. iGreen, werden zukünftig weitere Möglichkeiten eröffnen.

### **Schlüsselwörter**

Telematik, Applikationen, Dienstleistungen, Service

## **Service technology**

Markus Robert,  
Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, Technische Universität Braunschweig

### **Abstract**

In the last decade the field of agricultural service technologies has changed due to new communication systems. The wireless connection between machines in the fields and backend servers offered a lot of new service functions. Within a very short time the logistic coordinator in the office is able to react on unforeseen situations, the performance of the entire fleet can be increased and the downtime reduced. New systems, like the smartphone based "app concept" or research projects like iGreen will offer a high potential for additional service functions in the future.

### **Keywords**

Telematic, applications, service, service technology

## **Telemetrie als Schlüssel für Service und Dienstleistungen**

Während vor einigen Jahren das Mobiltelefon noch das häufigste Mittel der Wahl war, um sich schnell und flexibel zwischen Lohnunternehmer und Fahrer abzusprechen, werden Maschinendaten mehr und mehr digital zwischen Fahrzeugrechner und Hof-PC ausgetauscht. Der Disponent im Büro ist in der Lage, den Fahrern binnen Sekunden neue Aufträge zu übermitteln, aktuelle Maschinenzustandsdaten abzurufen und kurzfristig auf unerwartete Zwischenfälle zu reagieren. Ebenso verfügt der Fahrer einer Maschine über die Möglichkeit, die eingestellten Maschinenparameter mit denen anderer Fahrer zu vergleichen und derart anzupassen, dass eine effizientere Nutzung der eigenen Maschine und somit der gesamten Maschinenflotte erreicht wird. Dienstleistungsunternehmen können anhand von Maschinendaten optimierte Strategien zum Einsatz von Saatgut, Düngemitteln als auch der Zusammenstellung einer Erntekette vornehmen [1]. Nicht zuletzt erlauben die neuen Kommunikationssysteme, dass Serviceunternehmen oder auch Maschinenhersteller per Ferndiagnose Fehlerzustände von Maschinen auslesen können, um den Servicetechniker mit dem passenden Ersatzteil zum Einsatzort zu schicken. Auch Softwareupdates per Funk sind mittlerweile in einigen Bereichen möglich.

## **Erweiterte Einsatzpotentiale der Telemetrie**

Während sich Telemetriesysteme in der Landtechnik bislang primär auf Traktoren und Erntemaschinen beschränkten, liefern mittlerweile auch Anbaugeräte, wie beispielsweise Feldspritzen oder Düngerstreuer, Telematikdaten zur Leistungs- und Serviceoptimierung. Unter dem Stichwort TONI (Telematics On Implement) wurde unter Federführung der CLAAS Agrosystems GmbH & Co. KG in Zusammenarbeit mit sieben Herstellern von Anbaugeräten ein neues Telemetriesystem entwickelt, das auf der Agritechnica 2011 mit einer Silbermedaille ausgezeichnet wurde. Das System lässt sich flexibel auf verschiedenen Geräten einsetzen und kommuniziert über eine CAN-Bus Schnittstelle mit dem Jobrechner sowie über den ISOBUS mit dem Traktor. Durch die hohe Flexibilität solcher Systeme auf verschiedensten Anbaugeräten können sie über die komplette Saison betrachtet recht häufig eingesetzt werden. Neben Diagnosedaten, wie z.B. Durchflussraten bei einer Feldspritze oder Auswurfmenen beim Düngerstreuer, lassen sich auch Logistikdaten und Funktionsdaten aufzeichnen und später auswerten [2]. Damit können sowohl Arbeitsabläufe optimiert, als auch ein sich anbahnender Schaden frühzeitig erkannt werden. Dadurch wird die Effizienz des Gerätes besser ausgenutzt und Umwelt- und Ressourcenschonender gearbeitet.





**Bild 1:** Telematics on Implement Box [3]

**Figure 1:** Telematics on Implement Box [3]

### **Software-Applikationen zur Individualisierung**

Neben flexiblen Telemetriesystemen hat mittlerweile auch der Bereich der kleinen Software-Applikationen, kurz ‚Apps‘ genannt, deren Ursprung bei Smartphones und Tablet-PCs liegt, Einzug auf den Maschinen gehalten. So bieten erste Hersteller in Verbindung mit ihren Maschinenterminals flexible App-Konzepte an [4]. Der Kunde kann dabei zunächst für einen Zeitraum von einigen Stunden aus einem Pool von Applikationen die für ihn interessant erscheinenden Anwendungen kostenfrei testen. Insofern anschließend Interesse an einer weiteren Nutzung besteht, kann die App online gekauft werden und ist damit permanent Verfügbar. Somit kann das Terminal individuell und kostengünstig an die jeweiligen Einsatzspektren der Maschine angepasst werden. Neben klassischen Software-Funktionen, wie zum Aufzeichnen und Versenden von Telemetriedaten, besteht die Möglichkeit, eine App für ein Spurführungssystem zu installieren. Dafür ist lediglich ein GPS Empfänger notwendig, der zum Teil ohnehin schon auf den Maschinen vorhanden ist. Über das Terminal kann anschließend eine Route geplant werden, der dann mit Hilfe entsprechender Signale auf dem Terminal manuell gefolgt werden kann. Durch eine weitere App und etwas zusätzliche Hardware zur Lenkregelung, z.B. mittels Reibradmotor am Lenkrad oder integrierter Hydraulikventilsteuerung, lässt sich das System sogar zu einem vollautomatischen Lenksystem ausbauen. Auch ein teilflächenspezifisches Spritzen im Feld oder am Vorgewende ist somit möglich.





**Bild 1:** Icons verschiedener Applikationen [4]

**Figure 1:** Icons of various applications [4]

Ebenso lassen sich Navigationsapplikationen auf dem Terminal installieren, mit denen der Fahrer immer den optimalen Weg zum nächsten Feld und zur Feldeinfahrt angezeigt bekommt, in Abhängigkeit vom Fahrzeuggewicht und den Abmaßen. Über einen zusätzlichen Datenaustausch mit einem Backend können die Navigationsziele und die Aufträge vom Disponenten permanent aktualisiert werden.

### Entwicklungstrends

Aktuelle Forschungsprojekte, wie z.B. iGreen, treiben die Vernetzung aller Maschinen und stationärer Rechner weiter voran, um neue Service- und Dienstleistungsmöglichkeiten zu schaffen. Mit iGreen soll ein "offenes, standortbezogenes Dienste- und Wissensnetzwerk im Agrarbereich [5]" geschaffen werden, um die unterschiedlichen privaten als auch öffentlichen Informationsquellen zu vernetzen. Dabei werden Maschinendaten, Auftragsdaten, Personaldaten, Geodaten sowie eine Vielzahl weiterer Informationen in einen zentralen Server eingespeist, die sogenannte iGreen-Box. Dabei ist der Datenverkehr bidirektional ausgelegt, so dass die Maschinen auch Daten vom Server empfangen können.

Im Rahmen des Projektes werden dazu feste Protokolle entworfen, beispielsweise auf Basis des ISOXML Standards [6]. Zudem werden Schnittstellen geschaffen, die festlegen, welche Instanzen auf welche Daten zugreifen dürfen. So können Dienstleister zur Optimierung der Fahrzeugflotte nur Einsicht in die für sie relevanten Daten erhalten. Den Fahrern auf dem Feld wird ein Überblick über den aktuellen Stand der Ernte gewährt, damit sie sich einen aktuellen Überblick über den Status aller noch zu bearbeitenden Felder verschaffen können. Ebenso können sie die Positionen der anderen Maschinen abrufen, um z.B. Engpässe bei Abtransport des Ernteguts zu erkennen.

Auch vollautomatische Systeme, wie z.B. ein "intelligenter Entscheidungsassistent", können die Informationen aus dem iGreen Netzwerk nutzen, um daraus z.B. Schlüsse für einen optimierten Einsatz der Ressourcen zu ziehen [5].

## **Zusammenfassung**

In den letzten Jahren hat das Internet immer stärker Einzug auf dem Acker gehalten. Nicht zuletzt neue Kommunikationssysteme mit steigenden Datenraten werden diesen Trend zukünftig weiter verstärken. Auch Anbaugeräte werden mittlerweile in den Prozess der Datengewinnung integriert. Ebenso wird sich zukünftig neue Software in Form von Applikationen auf den Terminals installieren lassen, um die Fahrzeuge individuell an die Einsatzspektren anzupassen. Im Bereich der Dienstleistungen kann durch den zusätzlichen Datengewinn noch genauer und effizienter gearbeitet werden. Entscheidungsassistenten sollen hier helfen, die richtigen Schlüsse aus den gesammelten Daten zu ziehen.

## **Literatur**

- [ 1 ] Weller, Dr. Stephan: CLAAS Telematics in der Praxis. Vortrag zur Amazone Active-Seminarreihe 2010. Hasbergen-Gaste, 28.01.2010
- [ 2 ] Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG: Go for Innovation 2012. Hasbergen-Gaste: Selbstverlag, 2011. S.19
- [ 3 ] Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG: Go for Innovation 2011. Hasbergen-Gaste: Selbstverlag, 2010. S.84
- [ 4 ] Müller Elektronik GmbH & Co. KG: App & Go. Salzkotten: Selbstverlag, 06/2012, 1.Auflage
- [ 5 ] Bundesministerium für Bildung und Forschung: iGreen - Intelligente Wissenstechnologien für das öffentlich-private Wissensmanagement im Agrarbereich. Berlin: BMBF Referat Öffentlichkeitsarbeit, September 2009
- [ 6 ] Lohnunternehmen: Das Internet-Portal als Datendrehscheibe?. Lehrte: Beckmann Verlag, 2011. Ausgabe 10, S.48-49

### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

#### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Robert, Markus: Service- und Dienstleistungstechnologie. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-6

#### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043435>

#### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/67.html>

## **Arbeitswissenschaft**

Matthias Schick,  
Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

### **Kurzfassung**

Die menschliche Arbeit stellt auf jedem Landwirtschaftsbetrieb den bedeutsamsten und gleichzeitig meist auch knappsten Produktionsfaktor dar. Der Einsatz von arbeitswissenschaftlichen Methoden dient der Effizienz- und Effektivitätssteigerung, der Arbeitserleichterung sowie der Qualitätssicherung. Im Rahmen von betriebswirtschaftlichen Kalkulationen besteht ein deutlicher Trend hin zu Vollkostenkalkulationen mit eindeutiger Zuteilung von Kostenpositionen zu einzelnen Leistungen. In diesem Zusammenhang ist auch die menschliche Arbeit eindeutig und verursachungsgemäss zuzuteilen. Darin besteht im engeren Sinne eine Aufgabe der Arbeitswissenschaften. Im Mittelpunkt steht der wirtschaftliche Einsatz der Arbeitskraft unter Anpassung der Arbeitsbedingungen an die physischen und psychischen Eigenschaften des Menschen.

### **Schlüsselwörter**

Arbeitszeit, Arbeitsbelastung, Schwachstellenanalyse, Arbeitsorganisation, Arbeitssicherheit

## **Farm Work Science**

Matthias Schick,  
Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

### **Abstract**

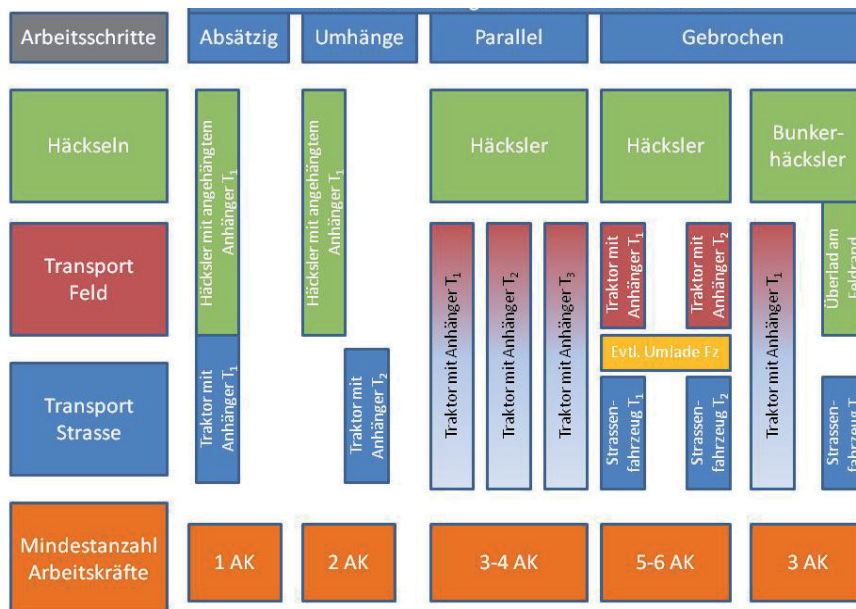
Human labour presents the most important and usually also the rarest factor of production in agricultural businesses. The use of ergonomic methods serves to improve efficiency and effectivity, work simplification and quality management. Within the scope of economical calculations, there is a considerable trend towards full cost accounting with a distinct allocation of cost position to particular tasks. In this context human resources should also be allocated distinctively and source specifically. More specific this is an ergonomic task. In the focus stands the economical employment of workload under adaptation of ergonomic circumstances to physiological and psychological characteristics of man.

### **Keywords**

Work time requirements, workload, weak point analysis, work organization, work safety

## Arbeitszeitbedarf

Die Forschungsschwerpunkte der Arbeitszeiterfassung in der Innenwirtschaft liegen derzeit im Bereich der Automatisierung von Arbeitsverfahren (z.B. automatisiertes Füttern und Melken) sowie in der Ergänzung von produktionsbezogenen Daten [1-8]. In der Aussenwirtschaft werden dagegen mehrheitlich leistungsfähige Arbeitskette im Rahmen einer möglichst sicheren Flottenavigation hinsichtlich Zeitbedarf und Optimierungspotential untersucht [9]. Dazu werden Zeitmessungen bei der Planung, Disposition, Auftragsverwaltung, Navigation, Dokumentation und Abrechnung durchgeführt. Als zukunfts-fähige Lösung haben sich dabei sog. "follow me" Funktionen herausgestellt, bei der die Leitmaschine (z.B. Rübenmaus oder Feldhäcksler) sämtliche Fahrzeuge in der Arbeitskette navigiert. Ausgehend hiervon ist ein hohes arbeitswirtschaftliches Einsparpotential erkennbar. Exakte Arbeitszeitmessungen erfolgen allerdings weiterhin häufig mit manuellen Methoden, da die Genauigkeit von satellitenbasierten Messmethoden nicht immer ausreichend ist [10-16].



**Bild 1:** Silierguternteverfahren [17]

**Figure 1:** Silage harvesting methods [17]

## Betriebsführung

Im Gegensatz zu Arbeitsmarkt- und Migrationsstudien in der Industrie gibt es derzeit nur wenig Forschungsprojekte zur Betriebs- und Personalführung sowie zum Personalmanagement in der Landwirtschaft [18]. Mit wachsenden Betriebsgrößen und entsprechend steigender Anzahl von Lohnarbeitskräften nimmt jedoch die Rolle der Betriebsführung für den Unternehmenserfolg ständig zu. In den USA und in Kanada liegen hierzu einige Studien vor. Weitere Forschungsthemen im Bereich Betriebsführung sind Managementkompetenzen und -praktiken sowie der Zusammenhang zwischen Personalmanagement und Unternehmenserfolg. Während das Methodenspektrum breit ist,

liegen Probleme vor allem in der Datenverfügbarkeit und Datenerhebung. Zusätzlich sind die komplexen Zusammenhänge oft nur schwierig nachzuweisen.

Auf der gesamtbetrieblichen Ebene liegen mittlerweile arbeitswirtschaftliche Kennzahlen zu Sonderarbeiten und zur Betriebsführung für alle wesentlichen Produktionsverfahren vor. Im Bereich der landwirtschaftlichen Haushaltsführung sind ebenfalls erste Projektergebnisse verfügbar [19, 20].

### **Arbeitsorganisation**

Die Verbesserung der Arbeitsorganisation wird derzeit insbesondere im Rahmen von Schwachstellenanalysen und mit Hilfe von Simulationstools durchgeführt [21, 22]. Rechnergestützte automatisierte Optimierungsansätze sind von Seiten der Forschung noch pendent. Verbesserte Methoden zum Flottenmanagement, zur Betriebszustandsüberwachung oder zur schlagbezogenen Maschinendokumentation finden zwar langsam den Einzug in die Praxis, sind aber noch stark herstellerbezogen. Plattformunabhängige Lösungen werden insbesondere im Energiemanagementbereich untersucht und eingesetzt. Zunehmend werden GPS-gesteuerte Verfahren zur automatischen schlagbezogenen Teilbreitenschaltung von Arbeitsgeräten auch zur Verbesserung der Arbeitsorganisation und zur Qualitätssicherung eingesetzt. Diese Verfahren dienen zusätzlich der Fahrerentlastung [23-28].

### **Kalkulations- und Bewertungssysteme**

Zeitgemäße arbeitswissenschaftliche Kalkulations- und Bewertungssysteme dienen dem Landwirt zur Dokumentation und zur Produktionssicherung [29,30]. Der Nutzen für die Industrie liegt im leicht erkennbaren Optimierungsbedarf. Die Politik kann auf Basis der Kalkulationsergebnisse wirksame Strategien auf Regions- und Sektorebene erarbeiten. Die Kombination von verfahrenstechnischen, arbeitswissenschaftlichen und bauwissenschaftlichen Grunddaten in der Landwirtschaft wird von verschiedenen internationalen Forschungsgruppen wissenschaftlich untersucht. Ziel hierbei sind international verfügbare, valide Grundlegendaten, die auf nationale und regionale Gegebenheiten angepasst werden können [32].

### **Arbeitsplatzbedingungen**

Die Forschung auf dem Gebiet der Arbeitsplatzgestaltung lässt in der Aussenwirtschaft deutliche Fortschritte erkennen [33]. Zur Bewertung der Arbeitsplatzbedingungen im Zusammenhang mit Anzeige- und Bediensystemen können Methoden aus dem im Pkw-Bereich auf landwirtschaftliche und forstwirtschaftliche Arbeitsmaschinen übertragen werden. Dies führt zu dem Ergebnis, dass die ausgehend von der DIN EN 894 geforderte Anpassung von Bediensystemen an die Bedürfnisse, Fähigkeiten und das Lernvermögen der Benutzer derzeit nur in geringem Umfang realisiert ist [33-35]. Bei Monitorbedienelementen ist bei verschiedenen Herstellern ein Trend weg von Cursorbedientasten hin zu Dreh- und/oder

Drückstellern erkennbar. Ebenfalls zeichnet sich ein Trend ab in Richtung frei darstellbarer Monitorbedieneinheiten mit Touchscreen [36-50].

### **Arbeitssicherheit**

Um einen sicheren Arbeitsplatz zu gestalten, sind Faktoren wie Witterung, Lärm, Schwingungen, Sichtverhältnisse und Luftinhaltsstoffe zu berücksichtigen. Ergonomisch günstig gestaltete Arbeitsplätze als Schnittstelle zwischen Mensch und technischen Elementen im Arbeitssystem vermeiden Fehlbelastungen, vorzeitige Ermüdung, Schädigung oder Unfallgefährdung der arbeitenden Personen. Sie erleichtern die Aufgabenausführung, tragen zur Fehlervermeidung bei und steigern so Leistung und Qualität der Arbeitsergebnisse. Generell soll der Arbeitsplatz so gestaltet sein, dass eine optimale Körperhaltung möglich ist und Greifräume optimal genutzt werden können [51-57].

Die Zahl der schweren Arbeitsunfälle in der Land- und Forstwirtschaft mit zum Teil tödlichem Ausgang ist nach wie vor sehr hoch. Europaweite Unfalldaten belegen, dass nur im Baugewerbe der Anteil tödlicher Arbeitsunfälle höher ist als in der Land- und Forstwirtschaft. Die Zahl nimmt im Baugewerbe jedoch im Gegensatz zur Landwirtschaft kontinuierlich ab. Insbesondere landwirtschaftliche Fahrzeuge, Maschinen und Geräte stellen ein grosses Risiko hinsichtlich Arbeitssicherheit dar [58].

Im Vergleich zur industriellen Produktion ist die Planbarkeit in der Landwirtschaft begrenzt. In der Erntezeit führen hoher Zeitdruck, unbeständige Witterung sowie Störungen im Arbeitsablauf zu Stressbelastungen. Um den Zeitdruck vorausschauend auf ein beherrschbares Mass zu reduzieren, steht die Planung des jeweiligen Personal- und Maschineneinsatzes an erster Stelle. Die Entscheidung für die einzusetzende Verfahrenstechnik ist beispielsweise in der Aussenwirtschaft individuell auf den Flächenumfang, die Flächenstruktur (Flächengrösse, Hof-Feld-Entfernungen) und die verfügbare Feldarbeitszeit abzustimmen. In der Innenwirtschaft sind es neben der Grösse des Tierbestands auch haltungstechnische Fragen, die den Arbeitszeitbedarf beeinflussen. Als Planungsinstrument dienen Arbeitsvoranschlagssysteme. Neben dem konkreten Arbeitszeitbedarf einzelner Produktionsverfahren auf dem Betrieb werden die Arbeiten im Jahresverlauf dargestellt. Damit werden Arbeitsspitzen und -täler, u.a. für Wartungsarbeiten, ersichtlich.

### **Zusammenfassung**

Da der Produktionsfaktor Arbeit sehr kostenintensiv ist, sind ständig Optimierungsmöglichkeiten zu erarbeiten, zu überprüfen und zu bewerten. Auch die sich ständig verändernden Rahmenbedingungen in der Land- und Forstwirtschaft führen zur vermehrten Nachfrage nach objektiven, allgemeingültigen und verlässlichen arbeitswissenschaftlichen Kalkulationsunterlagen für Forschung, Beratung und Praxis. Bisherige Kalkulationssysteme auf der Grundlage von Schätzungen oder statischen Berechnungen mit linearen Interpolationen werden dieser Anforderung nicht gerecht, da bisherige Betrachtungen nur selten den Gesamtbetrieb im Rahmen von Systembetrachtungen einbeziehen.



## Literatur

- [1] Gaio, C., Klöble, U., Vogt-Kaute, W., Mager, K., Ambühl, Y., Moriz, C., Heitkämper, K. und Schick, M.: Arbeitszeitbedarf in der Ökologischen Legehennenhaltung. Landbauforschung Sonderheft, 354 (2011) S. 99-110.
- [2] Götz, S., Holzer, J., Winkler, J., Bernhardt, H. und Engelhardt, D.: Agrarlogistik – Systemvergleich von Transportkonzepten der Getreidelogistik; Landtechnik 66, (2011) Nr. 5, S.381-386.
- [3] Heitkämper K., Mager K. und Schick M.: Working time requirement in small ruminant husbandry : Book of abstracts (with full papers on CD inside). In: XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011 – Efficient and safe production processes in sustainable agriculture and forestry. Hrsg. University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna - Austria. 29 June - 1 July (2011).
- [4] Heitkämper K., Schick M. und Fritzsche, S.: Arbeitszeitbedarf in der Mastschweinehaltung. Landtechnik 66, 2, (2011), S. 113-115.
- [5] Heitkämper, J., Mager, K. und Schick, M.: Arbeitszeitbedarf in der Kleinwiederkäuerhaltung. In Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau Giessen, 16.- 18. März 2011: Es geht ums Ganze: Forschen im Dialog von Wissenschaft und Praxis, ed. G. Leithold, Vol. 2: Tierproduktion und Sozioökonomie, Köster. Berlin, (2011) S. 134-137.
- [6] Heitkämper, J., Schick, M. und Fritzsche, S.: Vergleich des Arbeitszeitbedarfs bei zeitgemässen Haltungsverfahren für die Schweinehaltung. Tagungsband. 17. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, 14. und 15. März 2011, Freising-Weihenstephan. Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik TUM. (2011) S. 148-153.
- [7] Bernhardt, H., Lixfeld und Engelhardt, D.: Technological and organizational development potentialities for grain logistic in Germany, XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR), 13.-17. Juni 2010, Québec City, Canada 2010, Online: <http://bioeng.ca/publications/meetings-papers?catid=10>, p. 7.
- [8] JAKOB, M.: Rationalisierung in der Apfelernte – wo liegt das Optimierungspotential? Tagungsband des 18. Arbeitswissenschaftlichen Kolloquiums, 13.+14.3.2012 in Tänikon, Schweiz, Ettenhausen 2012.
- [9] Heizinger, V., Bernhardt, H.: Algorithmic Efficiency Analysis of Harvest and Transport of Biomass, Journal of Agricultural Machinery Science, Hrsg.: Agricultural Machinery Association Turkey, Volume 7 Number 1, ISSN 1306-0007, (2011) S. 95-99.
- [10] Machl, Th.: Indikatorbasierte Analyse von Feldstücksform und Feldstücksgeometrie auf Grundlage von InVeKoS-Daten. Masterarbeit TUM 2012. Urn: <http://nbn-resolving.de/urn/resolver.pl?urn:nbn:de:bvb:91-diss-20120507-1106561-0-4>.
- [11] Siebenrock, C. und Schick, M.: Untersuchung der Prozess- und Systemleistung automatischer Melksysteme. Tagungsband. 17. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium,

14. und 15. März 2011, Freising-Weihenstephan. Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik TUM. (2011) S.131-140.
- [12] Stehle, T. und Schick, M.: Arbeitszeitbedarf für die Bewirtschaftung naturnaher Lebensräume. Tagungsband. 17. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, 14. und 15. März 2011, Freising-Weihenstephan. Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik TUM. (2011) S. 94-101.
- [13] Stehle, T. und Schick, M.: Working time requirement for the management of semi-natural habitats. Book of abstracts (with full papers on CD inside). XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011 – Efficient and safe production processes in sustainable agriculture and forestry, 29 June - 1 July 2011, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna - Austria. (2011) S. 1-7.
- [14] Wagner, A. und Schick, M.: 18. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium. 13./14. März 2012, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART pp. 1-188. Ettenhausen 2012.
- [15] Bernhardt, H., Götz, S., Holzer, J., Winkler, J., Engelhardt, D. und Zimmermann, N.: Current Aspects of the Logistic of Material and Data in German Agriculture, Proceedings 11th International Congress on Mechanization and Energy in Agricultural Congress, 21.-23. September 2011, Istanbul Turkey, ISBN 9786054265169, (2011) S. 256-260.
- [16] Bernhardt, H., Götz, S. und Engelhardt, D.: New concepts for grain logistic – organizational chains from the field to the agricultural trade; XXXIV CIOSTA-CIGR V Conference “Efficient and safe production processes in sustainable agriculture and forestry” 29 June – 1 July 2011, Vienna/Austria, p. 384 and CD p. 6. 2011.
- [17] Heitkämper, K., Wagner, A. & Schick, M. (2012). Biomasselogistik: Mehrphasige Transportverfahren in der Silomaisenernte. In 18. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium. 13./14. März 2012, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon Art.S. 81-91 Ettenhausen 2012.
- [18] Schick, M.: Steigerung der Effizienz durch Optimierung der arbeitswirtschaftlichen Abläufe im Betrieb. Fachtagung Landtechnik und landwirtschaftliches Bauwesen 2010, 11. März 2010, Stuttgart-Hohenheim. Arbeitsgemeinschaft Landtechnik und ländliches Bauwesen Baden-Württemberg e.V. in Zusammenarbeit mit der Landesanstalt für Agrartechnik und Bioenergie der Universität Hohenheim. (2010) S. 33-41.
- [19] Schick, M.: Role of human labour in relation to efficiency and effectiveness, with particular regard to small-scale farms. Book of abstracts (with full papers on CD inside). XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011 – Efficient and safe production processes in sustainable agriculture and forestry, 29 June - 1 July 2011, University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna – Austria (2011). S. 1-9.
- [20] Bitsch, V.: Forschung über Personalführung und -management in der Landwirtschaft. In: 18. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium. 13./14. März 2012, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon Art. S. 7-12 Ettenhausen 2012.
-

- [21] Beyer, S., Wagner, A. und Schick, M. (2012). Von der Idee zur Innovation auf der Alp. In: 18. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium. 13./14. März 2012, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon Art. S. 169-176 Ettenhausen 2012.
- [22] Götz, S., Bernhardt, H., Engelhardt, D. und Zimmermann, N.: Agrarlogistik – Systemvergleich von Transportkonzepten in der Getreidelogistik hinsichtlich der benötigten Fahrzeit und Durchschnittsgeschwindigkeit, 17. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau, 14.-15. März 2011, S. 63-67, Freising 2011, ISBN 978-3-00-034001-7.
- [23] Grothmann, A. und Nydegger, F.: Automatisierte Fütterungstechnik im Alpenraum." ART-Schriftenreihe 12: S. 9-12, 2010.
- [24] Grothmann, A. und: Nydegger, F. Automatische Fütterungssysteme - Optimierungspotenzial im Milchviehstall. Tagungsbericht 6. Mai 2010. Landwirtschaftliche und veterinärmedizinische Tierernährungsforschung im Verbund. ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung 33: S. 86-89, 2010.
- [25] Grothmann, A., Nydegger, F. et al.: Arbeitswirtschaftliche Optimierung von Fütterungsverfahren. 17. Arbeitswirtschaftliches Kolloquium, Hrsg. Heinz Bernhardt, Alexander Höldrich, Freising-Weihenstephan: (2011), S. 102-110.
- [26] Grothmann, A., Nydegger, F., et al.: Automatic feeding systems (AFS) – potential for optimization in dairy farming. Landtechnik 2: (2010).S. 129-131.
- [27] Grothmann, A., Nydegger, F., et al.: Automatic feeding systems for dairy cattle - potential for optimization in dairy farming. AgEng 2010. E. S. o. A. Engineers. Clermont-Ferrand, France, Hrsg. AgEng 2010.
- [28] Grothmann, A., Nydegger, F., Schick, M. und Bisaglia, C.: Arbeitswirtschaftliche Optimierung von Fütterungsverfahren. Tagungsband. 17. Arbeitswirtschaftliches Kolloquium, 14. und 15. März 2011, Freising-Weihenstephan. (2011) S. 102-110.
- [29] Heizinger, V. und Bernhardt, H.: Algorithmische Effizienzanalyse von Ernteprozessketten, 17. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau, 14.-15. März 2011, S. 49-54, Freising 2011, ISBN 978-3-00-034001-7.
- [30] Sonnen J.: Simulation von Ernteprozessketten für Siliergüter. Dissertation. Forschungsbericht Agrartechnik VDI-MEG 454, Berlin 2006.
- [31] Wunder, A., Heizinger, V. und Bernhardt, H.: Systemanalyse leistungsfähiger Technologieketten in der Flüssigmistausbringung, 17. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau, 14.-15. März 2011, S. 55-62, Freising 2011, ISBN 978-3-00-034001-7.
- [32] Heizinger, V. und Bernhardt, H.: Algorithmic Efficiency Analysis of Harvest and Transport of Biomass, Proceedings 11th International Congress on Mechanization and Energy in Agricultural Congress, 21.-23. September 2011, Istanbul Turkey, ISBN 9786054265169, p. 88. 2011.
- [33] Böttinger, S., Leipold, G., und Maier, Th.: Bewertung von Mähdrescher-Bediensystemen. Landtechnik 5 (2011) S. 329-332.

- [34] Quendler, E.: Massnahmen zur Optimierung des land- und bautechnischen Wissenstransfers in der bayrischen Landwirtschaft. In 18. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium. 13./14. März 2012, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon Art.S. 23-35 Ettenhausen 2012.
- [35] Rieger, M.A., Dupuis, H., Gose, M., Günzel-Freudenstein, G., Hammer, W. und Sinkwitz, P.: Arbeitsplätze in der Landwirtschaft. In: Konietzko, J., Dupuis, H., Letzel, S. (Hrsg.): Handbuch der Arbeitsmedizin, Kapitel IV - 9.12.1, S. 1 – 30 ecomed Verlag, Landsberg/Lech 2005.
- [36] Sagkob, S., Niedermeier, J. und Bernhardt, H.: Verfahrensvergleich eines stationären Schiebersystems und eines Spaltenreinigungsroboters für die Flüssigentmischung auf planbefestigten Laufflächen, 17. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium des VDI-MEG Arbeitskreises Arbeitswissenschaften im Landbau, 14.-15. März 2011, S. 164-170, Freising 2011, ISBN 978-3-00-034001-7.
- [37] Schick, M.: Wie finde ich das "richtige" Melkverfahren für mich, meinen Betrieb, meine Zukunft? Tagungsband. 12. Jahrestagung der WGM, 04.10.2011 bis 06.10.2011, Aulendorf. Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg. (2011) S. 29-39.
- [38] Heitkaemper, K., Riegel, M. und Schick, M.: Work economics and ergonomics in dairy farming. 17th World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering CIGR., June 13-17, 2010, Quebec City, Canada. (2010) S. 1-7.
- [39] Heitkaemper, K., Schick, M., Stark, R. und Riegel, M.: Workload assessment in agriculture - integration in a work budget system. 17th World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering CIGR, June 13-17, 2010, Quebec City, Canada. (2010) S. 1-6.
- [40] Jakob, M. und Liebers, F.: Potential of a Quarter Individual Milking System to Reduce the Workload in Large-Herd Dairy Operations Journal of Agromedicine Volume 16, Issue 4, 2011 <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1059924X.2011.605713>.
- [41] Jakob, M. und Thinius, M.: Rationalisierungen im Melkstall – Chancen und Risiken. Landtechnik 67. (2012) Jahrgang Heft 3; S. 166-168.
- [42] Jakob, M., Knop, D. und Thinius, M.: Ermittlung der Wochen- und Jahresprävalenz von Beschwerden im Bereich des Muskel-Skelett-Systems bei deutschen Melkerinnen und Melkern. Tagungsband des 18. Arbeitswissenschaftlichen Kolloquiums, 13.+14.3.2012 in Tänikon, Schweiz 2012.
- [43] Jakob, M., Liebers, F. und Behrendt, S.: The effects of working height and manipulated weights on subjective strain, body posture and muscular activity of milking parlour operatives - laboratory study, Applied Ergonomics 43 (2012) Issue 4;753-761.
- [44] Jakob, M.: Correlation between upper extremity musculoskeletal disorders of milking parlour operatives and the specific work place design. Tagungsband des 17. Arbeitswissenschaftlichen Kolloquiums, 14.+15.3.2011 in Freising-Weihenstephan, Deutschland 2011. ISBN: 978-3-00-034001-7.

- [45] Kauke, M., Hermanns, I., Hoehne-Hueckstaedt, U., Ellegast, R. und Schick, M.: Using the CUELA system to study workload in agriculture. XVIIth World Congress of the international Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR) June 13-17, 2010, Québec City, Canada (2010), S. 1-10.
- [46] Kauke, M., Korth, F., Savary, P. und Schick, M.: Arbeitsbelastung auf modernen Milchviehbetrieben am Beispiel des Arbeitsverfahrens "Melken". In Nachhaltigkeit in der Wiederkäuer- und Schweinehaltung. ART-Tagungsband. 24. IGN-Tagung 3.-5. Juni 2010, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Internationale Gesellschaft für Nutztierhaltung IGN. Ettenhausen. (2010) S. 90-93.
- [47] Kauke, M., Korth, F., Savary, P. und Schick, M.: Milking technology on modern dairy farms - Assessment from the user's perspective. XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR) June 13-17, 2010, Québec City, Canada (2010) S. 1-10.
- [48] Kauke, M., Korth, F., Savary, P. und Schick, M.: Workload in modern dairy farms - Assessment from the user's perspective. XVIIth World Congress of the International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR) June 13-17, 2010, Québec City, Canada (2010) S. 1-9.
- [49] Savary, P., Kauke, M., Korth, F. und Schick, M.: Melkstandtechnik und Melkprobleme auf Schweizer Milchviehbetrieben. ART-Schriftenreihe, 15, (2011) S. 55-61.
- [50] Savary, P. und Schick, M.: 3. Tänikoner Melktechniktagung. Optimierte Milchgewinnung. ART-Schriftenreihe, 15, (2011) S. 1-88.
- [51] Karttunen, J., Lätti, M., Elstob, T. and Luoma, T.: A 'Living Lab' research project for farm relief workers. In: Quendler, E. and Kössler, K. (ed.). XXXIV CIOSTA CIGR V Conference, 29 June – 01 July (2011), Vienna, Austria. Book of abstracts with papers on CD inside.
- [52] Lätti, M. and Tuure, V-M.: Safety at maintenance and repair work in agriculture. 18. Kolloquium for Agricultural Work Science. VDI-MEG Working Group in Agricultural Work Science in Farming. 13th and 14th March (2012), Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART, Switzerland.
- [53] Tuure, V-M. and Lätti, M.: Accident research as a source for work guidance at farm work. In: Bernhardt, H. & Höldrich, A. (eds). 17. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium. VDI-MEG-Fachausschuss. Arbeitswissenschaften im Landbau und Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik der Technischen Universität München Weihenstephan. März 14-15, (2011) Freising-Weihenstephan, Germany. p. 177–181.
- [54] Tuure, V-M. and Lätti, M.: Physical load during driving agricultural vehicles. In: Quendler, E. & Kössler, K. (ed.). XXXIV CIOSTA CIGR V Conference, 29 June – 01 July (2011), Vienna, Austria. Book of abstracts with papers on CD inside. p. 157–158.
- [55] Tuure, V-M. and Lätti, M.: Whole-body vibration, postural load and working time during driving agricultural vehicles. In: Lindfors, J., Savolainen, M. & Väyrynen, S. (eds). Proceedings of NES2011, September 18–21, (2011), Oulu, Finland. p. 261–264.

- [56] Karttunen, J. and Rautiainen, R.: Case-control study of compensated injury and occupational disease risk factors among Finnish dairy farmers. Irish Meeting 2011 on Agricultural Occupational Health and Safety. 22nd - 24th August, (2011), Dublin, Ireland. p. 23. Available:  
<http://www.teagasc.ie/publications/2011/1026/IrishOHSproceedings.pdf>.
- [57] Karttunen, J., Lätti, M. and Puttonen, S.: Recommendations for the reasonable amount of work on farms from the perspectives of health, safety, and wellbeing. TTS:n julkaisu 415: 1–42. (2012) In Finnish; English summary.
- [58] Kössler, K., Quendler, E. und Boxberger, J.: Analyse von Dokumentationen zu Arbeitsunfällen der Dienstnehmer in der Land- und Forstwirtschaft nach Informationsqualität. In 18. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium. 13./14. März 2012, Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon Art.S. 93-102 Ettenhausen 2012.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Schick, Matthias: Arbeitswissenschaft. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-10

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043437>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/68.html>

---



## **Qualitätssicherung (Rückverfolgbarkeit)**

Heinz Bernhardt, Renate Dörfler

Lehrstuhl für Agrarsystemtechnik, Technische Universität München

### **Kurzfassung**

Die Gesetze und Handelsnormen im Bereich Qualitätssicherung von Lebens- und Futtermitteln bilden eine ausreichende Rahmenstruktur. Es müssen in Einzelbereichen nur praktischen Handlungsanweisungen angepasst werden. Auch die nachwachsenden Rohstoffe orientieren vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit an diesen Systemen. Die Entwicklung von Sensoren und Identifizierungssystemen ist durch eine immer bessere Adaption an spezifische Bedingungen geprägt. Automatisierte Datennetzwerke in der Außenwirtschaft definieren aktuell Schnittstellen zwischen verschiedenen Anbietern und über Systemgrenzen hinweg. Vergleichbare Systeme für die Innenwirtschaft holen in ihrer Entwicklung deutlich auf. Nachdem hier in den letzten Jahren die Identifizierung im Vordergrund stand, ist es nun mehr die Ortung um Raum, Zeit und Information ähnlich der Außenwirtschaft zu verknüpfen.

### **Schlüsselwörter**

Identifizierungssysteme, Ortung, Datennetzwerke

## **Quality Management (Traceability)**

Heinz Bernhardt, Renate Dörfler

Agricultural Systems Engineering, Technische Universität München

### **Abstract**

The laws and trade regulations for the quality management of food and feedstuff provide a sufficient framework. Only for single areas practical guidelines have to be adapted. Also the renewable primary products gear on these systems on the background of sustainability. The development of sensors and identification systems is formed by a better adaptation on specific conditions. Automated data networks in arable farming currently define interfaces between different providers and beyond system boundaries. Comparable systems for animal production catch up enormously in their development. As in the last years identification was in the focus, now it is the connection of positioning, space, time and information similar to arable farming.

### **Keywords**

Identification systems, ranging, data networks



## **Organisatorische Entwicklung**

Qualitätssicherung und Rückverfolgbarkeit sind inzwischen ein integraler Bestandteil der landwirtschaftlichen Struktur, da sie gegenüber dem Verbrauchervertrauen eine entscheidende Rolle spielen [1,2]. Ihre Notwendigkeit zeigt sich in den Marktverwerfungen, wie sie nach Lebensmittelskandalen entstehen. Diese sind zwar durch Qualitätssicherungssysteme nicht vollständig zu verhindern, da es sich dabei meistens um kriminelle Aktivitäten handelt, aber der Schaden für den Sektor kann bei korrekter Anwendung deutlich minimiert werden. Die gesetzlichen Rahmenbedingungen für ein landwirtschaftliches Qualitätsmanagement sind mit den EU-Verordnungen EU-VO 178/2002, EU-VO 82/2004 u.a. entsprechend geschaffen. Die praktische Umsetzung in nationale Verwaltungsvorschriften [3] und betriebliches Handlungsstrategien entwickelt sich in den letzten Jahren durch die Anwendung deutlich weiter.

Auch die Handelsvereinbarungen etablieren sich als zweites Standbein der Qualitätsmanagementsysteme [4]. So wird z.B. in 108 Staaten der Welt nach GlobalGap produziert [5]. Die in den Handelsnormen integrierten Produktionsprozesse integrieren sich immer mehr in die landwirtschaftlichen Betriebe [6,7].

Ähnlich der im Lebens- und Futtermittelbereich integrierten Systeme zur Qualitätssicherung und Rückverfolgbarkeit, entwickeln sich in den letzten Jahren auch ähnliche Systeme im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe. Die Entwicklungsrichtung ist hierbei auch wegen der gesetzlichen Forderungen stark vom Gedanken der nachhaltigen Produktion geprägt. Zum Nachweis der Nachhaltigkeit der Energieerzeugung aus nachwachsenden Rohstoffen ist eine entsprechende Rückverfolgbarkeit der Rohstoffe notwendig. Auf der europäischen Ebene wird dies durch die Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen umgesetzt [8]. Darauf basieren die deutsche Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung und die Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung [9,10].

## **Technische Entwicklung in Qualitätsmanagementsystemen im Pflanzenbau**

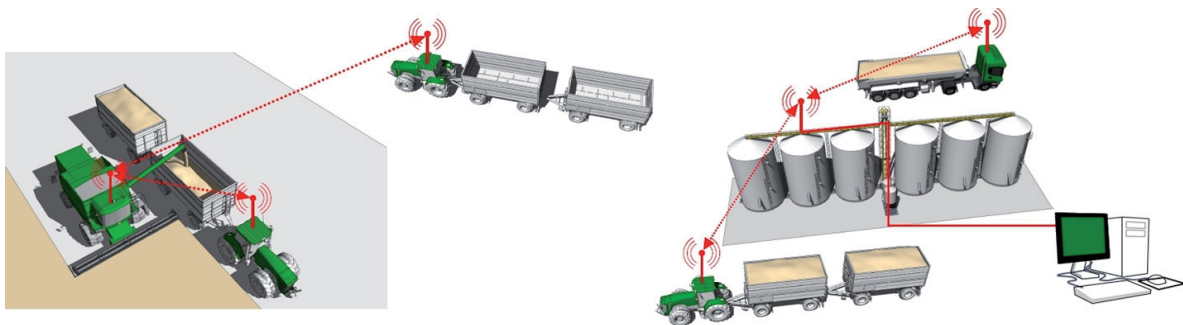
### *Datennetzwerke*

Als Basis von Qualitätsmanagementsystemen dienen Prozessdaten. Die automatisierte Prozessdatenerfassung spielt deshalb schon lange eine entscheidende Rolle. Aktuell beschäftigt man sich in der Forschung vermehrt mit der Vernetzung der verschiedenen Systeme von Herstellern und Organisationen in der landwirtschaftlichen Produktion und der Vernetzung über die Prozessgrenzen zwischen Landwirtschaft und Verarbeitung hinaus.

Im Forschungsprojekt iGreen ist angestrebt, standortbezogene Dienst- und Wissensnetzwerke zur Verknüpfung verteilter, verschiedener, öffentlicher wie auch privater Informationsquellen zur Verfügung zu stellen [11,12]. Hierbei soll u.a. der Informationsaustausch zwischen verschiedenen Maschinen z.B. der Silomaiserntekette ermöglicht werden, um u.a. Standortdaten, Ernteerträge oder Qualitätsparameter untereinander auszutauschen [13]. Außerdem soll der Datenaustausch zwischen verschiedenen Partnern der Produktionskette ermöglicht werden, um z.B.

Erntequalitätsdaten für das Silagemanagement des Biogasanlagenbetreibers zu nutzen oder die Fehlerdiagnose bei Erntemaschinen durch die Landtechnikwerkstätten zu erleichtern [14].

Die Weitergabe der erfassten Prozessdaten ist von den Forderungen nach hoher Datenqualität, steigenden Datenmengen und hohen Übertragungsgeschwindigkeiten geprägt. Dies kann auf verschiedenen Wegen geschehen. Die Weitergabe von physikalischen Datenträgern ist meist nur noch bei nicht zeitkritischen Daten wie z.B. Bodenkarten zu finden. Aktuelle Systeme im Markt übertragen ihre Daten meist per GSM an einen zentralen Server [15,16]. Hierbei werden Daten und Ware voneinander getrennt und müssen nachträglich wieder zusammengefügt werden. Dies kann teilweise zu Problemen führen, wenn Datensätze verloren gehen [17]. In neuen Ansätzen werden die Daten über drahtlose Netzwerke wie die Ware von Maschine zu Maschine weitergegeben [18,19]

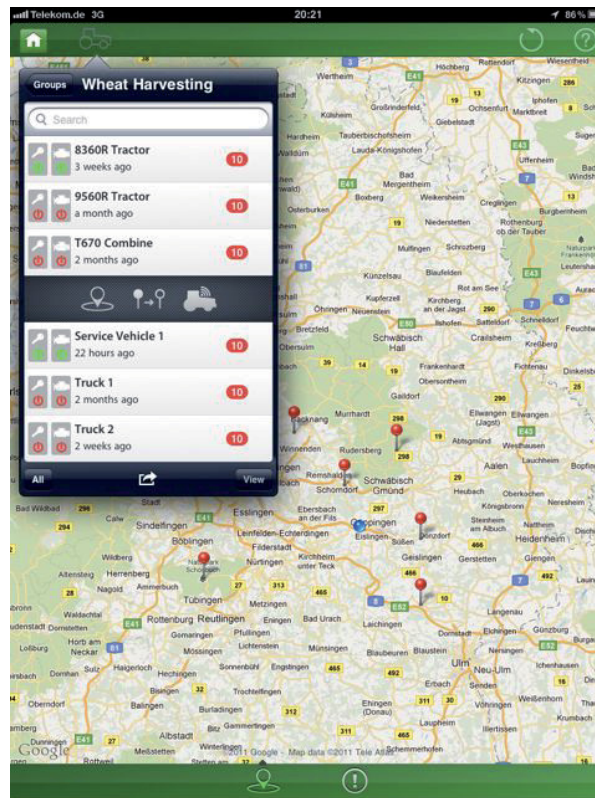


**Bild 1:** Datennetzwerk im Projekt LaSeKo [20]

**Figure 1:** Data network LaSeKo project [20]

Probleme bei den Datennetzwerken bereiten im Augenblick die Systemgrenzen. So ist bei der Getreideproduktion eine funktionssichere Datenweitergabe für den landwirtschaftlichen Bereich technisch auf verschiedenen Wegen möglich. Mit der Vermarktung an den Landhandel wird diese elektronische Datenweitergabe aber meist unterbrochen und eine Zwischenstufe mit Datenweitergabe über Papierformulare dazwischen geschaltet, um danach in den weiteren Verarbeitungsstufen wieder elektronisch zu laufen [21]. Ein ähnlicher technischer Bruch existiert in der Biomasselogistikkette, an der für die Abrechnung notwendigen Fahrzeugwaage. Hier ist die vorhandene Software in vielen Fällen auch nicht zu den landwirtschaftlichen Systemen kompatibel [17]. Diese Brüche an den Systemgrenzen stellen eine potentielle Fehlerquelle dar. Hier besteht Abstimmungsbedarf.

Zur Optimierung des landwirtschaftlichen Qualitätsmanagements ist auch eine schnelle und kompakte Informationsbereitstellung der im Datennetzwerk erfassten Daten notwendig. Da wichtige Entscheidungen z.B. in der Getreideernte unter Zeitdruck aber mit einem großen Datenbestand getroffen werden, müssen die gesammelten Daten aufbereitet und kompakt dem Nutzer zur Verfügung gestellt werden. Bisher geschah dies meist auf dem Betriebs-PC. Da aber die Entscheidungsträger in der Ernte meistens in der Fläche unterwegs sind, bieten immer mehr Hersteller auch Auswertungsprogramme für die Nutzung auf Smartphones an [22].



**Bild 2:** Smartphone App [22]

**Figure 2:** smartphone app [22]

### *QM-Erfassungssysteme*

Der Trend zu einer möglichst frühen Erfassung von Qualitätsparametern im Produktionsprozess setzt sich immer weiter fort. Inzwischen stehen im Mähdrescher NIRS Sensoren zur Verfügung, die kontinuierlich den Getreidestrom analysieren können und nicht mehr nur einzelne Stichproben [23]. Damit ist z.B. auch eine Qualitätsanalyse auf Mycotoxinbelastung möglich [24].

Auch im Feldhäcksler sind NIRS Sensoren inzwischen, besonders bei der Biogasmaiserte, weit verbreitet, um die Trockenmasse zu ermitteln und erste Aussagen zum Energiegehalt liefern zu können [25]. Diese Entwicklung hin zu mobilen NIRS-Sensoren ist auch bei anderen nachwachsenden Rohstoffen zu beobachten, um möglich noch im Wachstumsprozess der Pflanze Aussagen zu Qualitätsparametern treffen zu können und möglicherweise noch nachsteuern zu können [26].

## **Technische Entwicklung in Qualitätsmanagementsystemen in der Tierhaltung**

### *Identifizierung und Ortung*

Die Grundlage für ein Qualitätsmanagementsystem in der Tierhaltung ist die eindeutige Identifizierung des Tieres. Dies geschieht heute meist über RFID Transponder, bei einigen Tierarten wie z.B. Ziegen und Schafen ausschließlich darüber [27,28]. Diese



Identifizierungssysteme werden auch in der weiteren Lebensmittel- oder Rohstoffkette wie z.B. in der Rückverfolgung von Hartkäse [29] oder Rundholz [30] eingesetzt.

Aktuell wird intensiv an Systemen gearbeitet, die die Ortung des Tieres im Stall ermöglichen. Ziel ist es hierbei, durch die Informationen zu den einzelnen Aktivitäten und seine Verweildauer in bestimmten Bereichen, Rückschlüsse auf den Zustand des Tieres zu ermöglichen [31,32]. Teilweise kann auch auf Basis der Ortung des Stallpersonals Rückschlüsse auf das Qualitätsmanagement im Stall geschlossen werden [33].



**Bild 3:** Kuh mit GNSS [34]

**Figure 3:** Cow with GNSS [34]

Auch bei der Weidehaltung auf Almen arbeitet man an Ortungssystemen auf Basis von GNSS. Dies dient zur Analyse des Weideverhaltens der Tiere und als Hilfe zur Ortung der Tiere. Die Daten der GNSS-Geräte werden über Mobilfunk auf einem zentralen Server im Internet dem Nutzer zur Verfügung gestellt. Probleme sind hierbei häufig die schlechte Netzabdeckung der Almgebiete mit Mobilfunk und die dadurch geringe Datenrate. Die Anzeige aller Tiere kann bis zu einer Stunde dauern [34,35].

#### *Alternative Identifizierungssysteme*

Um Betrug bei Rückverfolgbarkeitssystemen auf Basis der klassischen RFID-Ohrmarke zu vermeiden, arbeitet man intensiv an alternativen Identifizierungssystemen. Ein System hierbei ist die 3D Bildverarbeitung zur Erkennung von Fellfarbe und Kopfform bei Pferden, wobei die Stellung des Tieres und die Lichtverhältnisse das Ergebnis noch beeinflussen [36]. Die Identifizierung von Schafen auf Basis des Musters ihrer Netzhaut ist ein anderer Ansatz. Dies funktioniert sowohl bei unterschiedlichen Rassen als auch Altersstufen auch bei nur

einem Auge mit über 99 % Sicherheit. Das zweite Auge erhöht die Erkennungsrate noch deutlich [37].

Zur Rückverfolgung von Produkten und teilverarbeiteten Produkten wird immer öfter die Isotopen-Analyse eingesetzt. Untersuchungen bei Eiern zeigen, dass es möglich ist auf Basis der Isotopen von C, N, O und S auch teilverarbeitete Produkte wie pasteurisiertes Flüssigei zu ihrem Ursprungsstall zurück zu verfolgen [38]. Auch bei Reis, Getreide, Mais und Zuckerrüben kann dieses System zur Überprüfung der Herkunft erfolgreich eingesetzt werden [39].

### **Zusammenfassung**

Die Gesetze und Handelsnormen im Bereich Qualitätssicherung von Lebens- und Futtermitteln zeigen ihre Wirkung. Aktuell werden ähnliche Systeme für nachwachsende Rohstoffe entwickelt. Automatisierte Datennetzwerke in der Außenwirtschaft verbreiten sich intensiv in den landwirtschaftlichen Betrieben. Nachdem die Schnittstellenproblematik innerhalb der Landwirtschaft weitestgehend geklärt ist, muss nun die Datenweitergabe über die Systemgrenzen in der Praxis geklärt werden. Die Sensorik zur frühen Erkennung von Qualitätsparametern im Produktionsprozess entwickelt sich weiter. In der Tierhaltung ergeben sich durch die Entwicklungen im Bereich Tierortung und alternativer Identifizierungssysteme neue Möglichkeiten für das Qualitätsmanagement.

## **Literatur**

- [1] Van Rijswijk, W., Frewer, L. J.: Consumer needs and requirements for food and ingredient traceability information. *International Journal of Consumer Studies* 36 (2012) H. 3, S. 282-290.
- [2] Heyder, M., Theuvsen, L., Hollmann-Hespos, T.: Investments in tracking and tracing systems in the food industry: A PLS analysis. *Food Policy* 37 (2012) S. 102-113.
- [3] BMELV: Sicherheit und Transparenz - Aktionsplan Verbraucherschutz in der Futtermittelkette, (2011) URL <http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Tier/Futtermittel/AktionsplanVerbraucherschutzFuttermittel.pdf>, 23.8.2012
- [4] Mietzsch, E., Graf, W., Martini, D., Schmitz, M.: Transparent Food: Anforderungen und Lösungen zur Nachverfolgung von Lebensmitteln. *Landtechnik* 67 (2012) H. 1, S. 31-33.
- [5] GlobalGap: GLOBALG.A.P. Annual Report 2011, URL: [http://www.globalgap.org/cms/upload/Resources/Publications/Newsletter/120321\\_AR11\\_web-FINAL.pdf](http://www.globalgap.org/cms/upload/Resources/Publications/Newsletter/120321_AR11_web-FINAL.pdf), 22.8.2012.
- [6] Berrut, R., Busato, P., Zokaei, K., Fuente-Pola, J.: ILean and green approach for improving sustainability and economic performance of vegetable supply chain. XXXIV CIOSTA CIGR V Conference Efficient and safe production processes in sustainable agriculture and forestry, Vienna, S. 167-168.
- [7] Stolla, M., Schwarz, H.P.: Qualitätsmanagementsysteme für den weinbaulichen Außenbetrieb. XVII. Kolloquium Internationaler Arbeitskreis für Bodenbewirtschaftung und Qualitätsmanagement im Weinbau, (2011) St. Michael/Eppan Südtirol, S. 72.
- [8] Richtlinie 2009/28/EG des Europäischen Parlaments und des Rates 23. April 2009 zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Änderung und anschließenden Aufhebung der Richtlinien 2001/77/EG und 2003/30/EG, L 140, 5. Juli 2009, S. 16-62.
- [9] Biomassestrom-Nachhaltigkeitsverordnung vom 23. Juli 2009 (BGBl. I S. 2174), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 70 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044).
- [10] Biokraftstoff-Nachhaltigkeitsverordnung vom 30. September 2009 (BGBl. I S. 3182), zuletzt geändert durch Artikel 2 Absatz 71 des Gesetzes vom 22. Dezember 2011 (BGBl. I S. 3044).
- [11] BMBF: iGreen, (2009) URL [http://www.igreen-projekt.de/iGreen/uploads/media/iGreen\\_Infoblatt\\_des\\_BMBF\\_02.pdf](http://www.igreen-projekt.de/iGreen/uploads/media/iGreen_Infoblatt_des_BMBF_02.pdf), 23.8.2012.
- [12] Grimmes, G., Kiesel, M., Abufouda, M., Schröder, A.: Semantic Integration through linked data in the iGreen project. *GI-Edition - Lecture Notes in Informatics (LNI)* P-194 (2012) S. 107-110.

- [13] Bartolein, C., Blank, S., Meyer, A., Kormann, G.: Seamless data management for Agricultural Vehicles with the iGreen Infrastructure, VDI-Bericht Nr. 2124 (2011) S. 293-298.
- [14] Schlingmann, N.: Development of an ISOBUS database for sale, service and end costumer, VDI-Bericht Nr. 2124 (2011) S. 307-313.
- [15] Lauer, J., Zipf, A.: Verbesserung der Datengrundlage für die Routenplanung im Bereich landwirtschaftlicher Logistik auf Basis offener Geodaten. (2009) URL [http://koenigstuhl.geog.uni-heidelberg.de/publications/bonn/conference/agit2009 Beitrags\\_lauer\\_azipf.pdf](http://koenigstuhl.geog.uni-heidelberg.de/publications/bonn/conference/agit2009_Beitrags_lauer_azipf.pdf), 23.8.2012.
- [16] Holzer, J.; Bernhardt, H.: Optimierungs- und Simulationsansätze in der Getreidelogistik unter Berücksichtigung der automatisierten Prozessdatenerfassung während des Mähdruschs. GI-Edition - Lecture Notes in Informatics (LNI) P-194 (2012) S. 139-142.
- [17] Pauli, S., Angermair, W., Tüller, G., Bernhardt, H.: Evaluierung von Dokumentationsdaten elektronischer Erfassungssysteme in der Erntelogistik von Biomasse. VDI-Bericht Nr. x (2012) in press.
- [18] Rusch, C., Reinecke, M., Gronthaus, H-P., Autermann, L., Hartanto, R., Georgiew, E.: Wireless communication on the field following ISO 11783 for autonomous process planning and controlling of cooperating mobile agricultural machines. VDI-Bericht Nr. 2124 (2011) S. 299-306.
- [19] Rusch, C.: Untersuchung der Datensicherheit selbstkonfigurierender Funknetzwerke im Bereich von mobilen Arbeitsmaschinen am Beispiel der Prozessdokumentation. Berlin: Selbstverlag 2012.
- [20] Meyer, H. J.; Rusch C.: LaSeKo – Landwirtschaftliches selbstkonfigurierendes Kommunikationssystem zur Überwachung, Optimierung und Dokumentation von landwirtschaftlichen Prozessen. Landtechnik 65 (2010), S. 450-452.
- [21] Zimmermann, N., Bernhardt, H. Engelhardt, D.: Einsatz neuer Technologien in der Getreideprozesskette - Radio Frequenz Identifikation zur Erhöhung von Transparenz in der Transportkette und Verbesserung der Rückverfolgbarkeit. GI-Edition - Lecture Notes in Informatics (LNI) P-194 (2012) S. 331-334.
- [22] Bosch, J., Bernhardt, H.: JDLink iOS Application -- als Anwendungsbeispiel für eine App in der Agrartechnik. GI-Edition - Lecture Notes in Informatics (LNI) P-194 (2012) S. 50-54.
- [23] Risius, H., Hahn, J., Tölle, R., Korte, H., Dietkamp, A., Kirschner, U.: In-line-sensing of grain quality on a combine harvester. VDI-Bericht Nr. 2124 (2011) S. 85-92.
- [24] Berberich, J., Risius, H., Huth, M., Hahn, J.: Investigation of continuous imaging analysis of grain quality on a combine harvester. AgEng 2012.
- [25] Thurner, S.; Fröhner, A.; Koehler, B., Demmel, M: Online measurement of yield and dry matter content of wilted grass with two forage harvesters – comparison with and verification of reference measurements. Precision Agriculture 2011, 8th European Conference on Precision Agriculture, Prague, Czech Republic (2011) S. 628 - 637.



- [26] Reeves, J.: Potential of near- and mid-infrared spectroscopy in biofuel production. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 43 (2012) H. 1-2, S. 478-495.
- [27] Bauer, U., Grandl, F., Harms, J., Gäckler, S., Eise, M., Wendl, G.: Lesereichweiten von Transpondersystemen für die Schaf- und Ziegenkennzeichnung. 10. Internationale Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Kiel, 2011. KTBL Darmstadt, ISBN 978-3-941583-55-9, S. 439 - 446.
- [28] Bauer, U., Benn, N., Grandl, F., Harms, J., Wendl, G.: Electronic Tagging of Sheep - Results of a Large Field Trial in Germany. 5th European Conference on Precision Livestock Farming, Prague, 2011, S. 394 - 402.
- [29] Barge, P., Gay, P., Merlino, V., Piccarolo, P., Tortia, C.: Item level radio frequency identification of cheese wheels. XXXIV CIOSTA CIGR V Conference Efficient and safe production processes in sustainable agriculture and forestry, Vienna, S. 164-165.
- [30] Förster, H., Sauter, U.H., Verhoff, S., Föllner, J., Wehner, T.: Beiträge der RFID-Kennzeichnung und Echtzeitnavigation zur Optimierung der Logistikkette für die Rundholzbereitstellung. GI-Edition - Lecture Notes in Informatics (LNI) P-194 (2012) S. 87-90.
- [31] Alsaad, M., Büscher, W.: Untersuchungen zur Erkennung von Lahmheiten durch automatische Erfassung der Bewegungsaktivität und des Liegeverhaltens. 10. Internationale Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Kiel, 2011. KTBL Darmstadt, ISBN 978-3-941583-55-9
- [32] Alsaad, M.; Büscher, W.: Using information systems in dairy farming for prevention health management. Proceedings of the XV ISAH Congress 2011, International Society for Animal Hygiene, Wien, Volume 1, ISBN 978-80-263-0008-3, S. 321-323.
- [33] Beyer, S., Haidn, B.: Work Time Measurement by a Real-Time Location System – Accuracy of the Positioning in a Farrowing Barn. XXXIV CIOSTA CIGR V Conference Efficient and safe production processes in sustainable agriculture and forestry, Vienna, S. 30-33.
- [34] Thurner, S., Neumaier, G., Wendl, G.: Erste Erfahrungen zum Weidemanagement bei Junggrindern auf Almen mit einem GPS- und GSM-basierten Trackingsystem. 10. Internationale Tagung: Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Kiel, 2011. KTBL Darmstadt, ISBN 978-3-941583-55-9, 1 - 9.
- [35] Thurner, S., Neumaier, G., Noack, P., Wendl, G.: Reduction of the labour input by a livestock tracking system on alpine farms with young cattle. In: Book of abstracts with papers on CD of the XXXIV CIOSTA CIGR V Conference, Vienna, Austria. S. 139-142.
- [36] Stahl, H., Schädler, K., Hartung, E.: Erfassung von biometrischen 3D-Daten zur Identifizierung von Individuen bei Nutztieren. GI-Edition - Lecture Notes in Informatics (LNI) P-194 (2012) S. 287-290.
- [37] Barry, B., Gonzales Barron, U., Butler, F., Ward, S., McDonnell, K.: Verification of sheep identity by means of a retinal recognition system. *Transaction of the ASABE* 54 (2011) H. 3, S. 1161-1167.

- [38] Rock, L., Rowe, S., Czerwec, A., Richmond, H.: Isotopic analysis of eggs: Evaluating sample collection and preparation. Food Chemistry (2012) article in press
- [39] Voorhuijzen, M., van Dijk, J., Prins, T., van Hoef, A., Seyfarth, R., Kok, E.: Development of a multiplex DNA-based traceability tool for crop plant materials. Anal Bioanal Chem (2012) H. 402, S. 693-701

#### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

##### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Bernhardt, Heinz; Dörfler, Renate: Qualitätssicherung (Rückverfolgbarkeit). In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-10

##### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043438>

##### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/69.html>

## **Gesamtentwicklung Traktoren**

Hermann Knechtges,

Institut für Technik, Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen - Geislingen

Karl Theodor Renius,

Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München

### **Kurzfassung**

Der weltweite Traktorenumsatz stieg 2011 auf etwa 45 Mrd. US \$. Technologieimpulse kommen vor allem aus Westeuropa, Stückzahlimpulse vor allem aus Indien und China (mit steigenden Exporten). Sowohl die aktuellen Abgasvorschriften EU 3B / US Tier4 interim als auch die nächste EU Stufe 4 / US Tier 4 final (2014) haben bei allen Herstellern zu neuen Modellen geführt (oft mit SCR-Technik). Die Nennleistungen der größten Standardtraktoren nähern sich der 300 kW-Marke. Premiumtraktoren mit weiter verbesserten Assistenzsystemen und Prozessautomatisierungen zeigen in Verbindung mit neuen Antriebskomponenten neue Bestmarken bezüglich Produktivität, Komfort, Sicherheitstechnik, Umweltschutz und Informationsvernetzung.

### **Schlüsselwörter**

Traktor, Ackerschlepper, Standardtraktor, Marktzahlen, Umsätze, Zulassungen, Agritechnica

## **Agricultural Tractor Development**

Hermann Knechtges,

University of applied Sciences, Nürtingen - Geislingen

Karl Theodor Renius,

Chair of Automotive Engineering, Technische Universität München

### **Abstract**

The world wide tractor sales increased in 2011 to about 45 billion US \$. Impulses of technology are mainly coming from Western Europe, for volumes (with increasing exports) mainly from India and China. Both, the current emission regulations EU 3B / US Tier4 interim and EU 4 / US Tier 4 final (2014) resulted in new models of all manufacturers (often with SCR processing). Rated engine power level for standard tractors is approaching 300 kW. Regarding premium level tractors, permanently improved systems for driver assistance and process automation jointly with new power train components enable new all-time high levels of productivity, comfort, safety, environment protection and information networking.

### **Keywords**

Tractor, farm Tractor, standard tractor, market statistics, sales, registrations, Agritechnica

## Marktsituation

Der Umsatz der deutschen Traktorenhersteller stieg von 2,765 Mrd. € (2010) auf 3,410 Mrd. € (2011). Die deutsche Produktion erreichte 2011 mit 60.551 Traktoren wieder ein hohes Niveau, **Tafel 1** [1, 2], wenngleich noch nicht ganz das von 2008 (65.507). Einen langjährigen Rekord verzeichneten aber die Neuzulassungen mit 35.977 Traktoren (2010: 28.587).

John Deere hält seine stabile Führungsposition, **Tafel 2**. Fendt liegt dahinter. Zusammen mit MF und Valtra ist die AGCO-Gruppe führend. CNH (Case+NH+Steyr) verlor über die Jahre etwas, während die SDF-Gruppe (Same Deutz-Fahr) sich gut hielt. Claas und Kubota konnten bemerkenswert zulegen.

**Tafel 1:** Traktorengeschäft in Deutschland (Stückzahlen), ab 2003 ohne Geländefahrzeuge und etwas erniedrigte untere Leistungsgrenze des Exportumfangs [1].

**Table 1:** Tractor business in Germany (units), from 2003 without terrain vehicles and little reduced lower power limit of export volume [1].

Jahr/Year	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Produktion Production	46366	53811	51407	59236	54590	58623	60732	65507	46432	50865	60551
Neuzulassungen Newly registered	24795	25649	21866	22110	23492	29015	28451	31250	29464	28587	35977
Exporte Exports	36659	43143	42745	50206	44601	46372	49931	54235	36758	40769	47886
Besitzumschreib. Changing owner	76256	74974	74349	73954	74715	77211	84601	86719	87175	93084	96.597

**Tafel 2:** Marktanteile der größeren Anbieter bei den Traktoren-Neuzulassungen in Deutschland (in % der Gesamtzulassungen) [1].

**Table 1:** Market shares of the major tractor suppliers in Germany (% of total registrations in units) [1].

Jahr/Year	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
John Deere	20,3	20,6	20,9	20,8	22,2	21,1	21,2	20,7	19,8	19,8	19,3	19,7	20,9
Fendt	21,1	20,5	19,6	17,7	17,9	17,4	16,8	16,0	17,1	17,2	17,2	16,5	15,9
Case IH + Steyr	13,3	13,0	12,8	13,3	11,7	10,8	8,8	9,1	9,4	10,0	9,6	9,1	8,0
Deutz-Fahr	9,3	7,3	7,7	7,9	9,1	9,7	10,1	10,7	11,5	11,5	10,6	10,8	10,8
Claas	-	-	-	-	-	4,5	5,9	5,5	6,8	6,6	7,8	7,3	8,2
New Holland	6,4	7,4	7,3	7,4	7,1	6,1	5,1	6,0	5,6	5,7	5,8	6,7	5,7
MF	4,5	4,5	4,2	4,5	4,5	4,0	4,2	4,4	4,5	4,5	4,0	3,7	4,1
Same	2,6	2,9	2,9	2,9	3,3	2,9	3,0	3,2	2,9	3,2	3,0	2,5	2,3
Kubota	1,2	1,5	1,7	2,1	2,2	3,1	3,0	3,3	3,2	2,8	3,3	4,5	5,2
Iseki	1,8	1,8	1,9	2,0	2,4	2,4	2,9	3,0	2,8	2,5	2,6	3,5	3,1
Valtra	1,3	1,7	2,0	2,2	2,1	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,5	1,9
Merc.-Benz	2,1	2,3	2,4	2,3	2,0	1,7	1,9	2,1	1,5	1,5	1,7	1,5	1,5

Der weltweite Landtechnik-Jahresumsatz wuchs in 2011 auf einen neuen Rekord von etwa 80 Mrd. € bzw. 112 Mrd. US \$ [2], wobei der Anteil Chinas inzwischen auf mindestens 15 % geschätzt wird. Für 2012 erwartet man eine weitere Steigerung auf etwa 86 Mrd. €. Etwa 1/3 davon werden in der EU erwirtschaftet. Die entscheidende Trendumkehr aus der Krise kam in Deutschland im zweiten Halbjahr 2010. Den weltweiten Umsatzanteil für Traktoren schätzen die Verfasser für 2011 auf etwa 45 Mrd. US \$ p. a.

Indien produziert inzwischen pro Jahr weit über 500.000 Zweiachstraktoren, China (geschätzt) über 2 Millionen, davon allerdings oberhalb von 22 kW "nur" etwa 400.000.

Die inzwischen weltweit extrem große Spannweite bezüglich Funktionen und Lohnniveau führt dazu, dass die spezifischen Produktionskosten (z. B. in US \$ je kW Nennleistung) für einen gut ausgestatteten Premiumtraktor höherer Leistung in Westeuropa etwa 5 bis 8 mal höher sind als für einen Einfachtraktor in einem Niedriglohnland wie z. B. China und Indien [3]. Ein aufkommender Schwerpunkt des globalen Traktorengeschäfts ist daher die kostengünstige Produktion einfacher Modelle in solchen Schwellenländern und der Export von dort in Regionen mit ähnlichen oder auch schon höheren Anforderungen.

Beispiel Indien: John Deere India hat in Puné die Werkskapazität von 60.000 p.a. erreicht bei etwa 1/3 Exportanteil. Same Deutz-Fahr produziert in Raipet (Werkskapazität 11.000 p.a.). New Holland Fiat India baute im Werk Noida 2010 etwa 23.000 Einheiten. Die typischen Leistungen liegen bei diesen Firmen mit etwa 25 bis 55 kW etwas über dem indischen Hauptmarkt, der Export für die gesamte Indische Produktion liegt inzwischen bei gut 10 %.

In [4] wird über typische Traktoreneinsätze in Bihar/Indien berichtet. Auffallend sind sehr hohe Einsatzzeiten und Transportanteile sowie die große Bedeutung des Verleihs gegen Gebühr. Eine lohnende Darstellung des chinesischen Traktorenmarktes findet man in [5].

## **Übersichten und Entwicklungsgrundlagen**

Seit dem letzten Jahrbuch-Bericht [6] wurde 2011 in der traditionellen ATZ-Reihe eine weitere Übersicht vorgelegt [7].

Für die Einführung der Abgasstufe Euro 3B (USA: TIER 4 interim) bei Traktoren über 130 kW Nennleistung ab 1.1.2011 mussten alle Hersteller ihre entsprechenden Produkte erheblich überarbeiten. Einige nutzten den Schnitt für komplett neue Modelle, teilweise auch schon mit Vorbereitungen auf Euro 4 (TIER 4 final) durch Einführung der SCR-Nachbehandlung (siehe Kapitel Motoren und Getriebe).

Gekühlte Abgasrückführungen können aufgrund von SCR beim Übergang von Stufe 3A auf 3B wieder entfallen, die SCR-Technik benötigt aber zusätzlich Platz, der prinzipiell auch dadurch immer knapper wird, dass Leistung und Luftdurchsatz bei geometrischer Vergrößerung mit mindestens der dritten Potenz des Maßstabs steigen, die Haubensieb- und Kühlerflächen aber nur quadratisch. Dieses erklärt die inzwischen sehr großen Sieb- und Kühlerflächen und verfeinerten Kühlerlösungen bei größeren Traktoren. Ähnliche geometrische Wirkungen sind bei den Bereifungen zu beobachten, deren Aufstandsflächen auch nur quadratisch mit dem Geometriemaßstab wachsen. Auch die Dimensionen (und Kostenanteile) der Reifen steigen daher überproportional mit der Traktorgröße.

Diese Trends sind insofern bedeutsam, als Standardtraktoren sich inzwischen maximalen Leistungen von 300 kW (ECE R 24) nähern - mit immer mehr erkennbaren Grenzen.

Die mit den Regelwerken zur Arbeitssicherheit und dem Gesundheitsschutz erzielten Fortschritte bei Traktoren wurden in [8] beschrieben. Die Zahlen der Umsturztoten sind hier etwas höher als in anderen Publikationen, weil es für diese Unfallart zwei Definitionen gibt. Zum dynamischen Kippen von Traktoren wurde ein neues Modell vorgestellt [9].

Unverkennbar ist der Trend zu geräumigen Kabinen mit nur noch vier oder fünf Pfosten. Die Bedienelemente werden weitgehend in der mitfedernden rechten Armlehne des Sitzes zusammengefasst. Diese trägt ebenfalls den Monitor, über den sich die Funktionalität des über den ISO-Bus verbundenen Gerätes darstellen lässt und dieses gesteuert wird.

In [10] werden interessante Zahlen zu Reparaturen an 141 Traktoren aus einer Umfrage zu drei Betriebsjahren mitgeteilt.

### **Traktorentechnik nach Herstellern**

John Deere hat in Mannheim seit Beginn 1992 bis 2011 über 550.000 Rahmentraktoren der Serie 6000 gebaut. Im Frühjahr 2011 präsentierte man in Europa aufgewertete Traktoren der Serie 8R mit 191/210/228/246/265 Nenn-kW ISO. Man erfüllte die Abgasstufe Euro IIIB mit Abgasrückführung, Oxykat (DOC) und Partikelfilter (DPF), d. h. zunächst bewusst noch ohne SCR-Technik und erzielte trotzdem respektable Verbrauchswerte [11, 12]. Das gilt auch für die Mitte 2011 vorgestellten neuen Modelle 6170R, 6190R and 6210R (125/140/154 Nenn-kW ISO). Seit Mitte 2012 sind auch die kleineren 4-Zylindermodelle mit 77/85/92/96 Nenn-kW ISO verfügbar. Das neue Kühlsystem hat einen waagerechten Ladeluftkühler mit variablem, hydrostatischem Antrieb. Auf der Agritechnica 2011 überraschte man mit dem neuen Getriebe „DirectDrive“ [7], siehe auch Kapitel "Motoren und Getriebe bei Traktoren".

Die Mitte 2011 bekannt gewordene neue Baureihe 7R (147/158/169/191/206 Nenn-kW ISO) [13] aus USA zielt mit integrierter Frontanbauschnittstelle und gefederter 4 Pfosten-Kabine speziell auf den europäischen Markt. Die beiden größten Modelle werden ausschließlich mit einem neuen, stufenlosen, eigenem Fahrantrieb geliefert [7], siehe auch "Jahrbuch Agrartechnik 2012 - Motoren und Getriebe bei Traktoren". Durch den Lüfter vor dem Kühler mit aufwändigen Luftleitelementen wird eine höhere Kühl-Effizienz erreicht. Die 2007 vorgestellten Modelle 7430/7530 E-Premium mit 20 kW-Hochvoltnetz erreichten nur mäßige Stückzahlen und wurden 2011 modifiziert: die 20 kW Drehstrom stehen nun ausschließlich für externe Geräte zur Verfügung.

Für EG-Abgasstufe 4 bzw. USA Tier IV final kündigte John Deere 2012 für große Traktoren nun auch die Einführung der SCR-Abgasreinigung an, wobei niedrigere oder zumindest gleich niedrige Gesamtflüssigkeitsverbrauchswerte wie in der Stufe 3b bzw. TIER 4 interim erwartet werden. [14].

Die hydraulische Aktorik des aktiv gefederten Sitzes ersetzte man durch eine elektrische und verspricht durch die schnellere Reaktion eine weitere Verbesserung des Fahrkomforts verbunden mit einem reduzierten Energieaufwand.



AGCO-Fendt führte Ende 2010 sein in der Leistung weiter angehobenes Flaggschiff Vario 939 mit vergrößertem Deutz-Motor ein (265 Nenn-kW ECE R24), Fahreindrücke siehe [15].

Zur Agritechnica 2011 zeigte man die angekündigte Erweiterung der 700er Baureihe nach unten für Abgasstufe 3B mit SCR Abgasnachbehandlung. Die hydropneumatisch gefederte 5-Pfosten-Kabine erlaubt durch die nach oben erweiterte Frontscheibe und kleine Verdeckungen eine besonders gute Sicht. Die gleiche Kabine nutzt die ab Ende 2012 ausgelieferte neue Baureihe 500, **Bild 1**, mit 81/88/99/110 Nenn-kW ECE R 24, Deutz 4,04 l Motoren und SCR-Abgastechnik. Die bis zu 7 elektrohydraulischen Steuerventilen und bis zu 22 Schnittstellen für Informations- und Leistungsübertragung an Front und Heck zeugen von den besonders vielfältigen Nutzungsansprüchen in dieser Leistungsklasse, in der jetzt auch automatische Spurführungssysteme nachgefragt werden.



**Bild 1:** Neue Fendt-Modelle 512/513/514/516 (81/88/99/110 Nenn-kW ECE R 24, 2012)

**Fig. 1:** New Fendt models 512/513/514/516 (81/88/99/110 rated-kW ECE R 24, 2012)

Auf der Agritechnica überraschte Fendt ferner mit dem System "GuideConnect", bei dem zwei Traktoren im Feld ohne feste Kopplung als "Gespann" arbeiten, mit aber nur einem Fahrer [16]. Der zweite fährt fahrerlos, über Funk gekoppelt. Diese Lösung spart Lohnkosten, bietet aber gleichzeitig mehr Flexibilität als eine einzige doppelt so große Maschine. Anfang 2012 ging bei Fendt die überarbeitete 300er-Reihe in Serie [17] - mit dem neuen Topmodell 313, das bei 88 kW Nennleistung (ECE R 24) immer noch den "alten" Radstand von 2.35m hat und in Verbindung mit bis zu 55° Radeinschlag sehr wendig ist. Alle 5 Modelle (59/66/74/81/88 Nenn-kW ECE R 24) haben Deutz-Motoren mit SCR-Abgastechnik und weisen bei 8,5 t zulässigem Gesamtgewicht ungewöhnlich hohe Nutzlasten über 4t aus - mehrere Modelle können etwa genau so viel tragen wie sie selbst wiegen.

Zur Agritechnica zeigte Case IH eine in Racine produzierte Variante des bekannten Doppelkupplungs-CVT für den neuen Magnum (173/189/209/229/250 Nenn-kW ISO), bei der die



Bereichsumschaltung mit Lamellenkupplungen erfolgt (bisher synchronisierte Schaltstelle). Case verwendet jetzt den berühmten Namen Farmall für die Modellreihe Farmall A, 41/48/55 Nenn-kW ISO, 3,2l-Motor aus dem Transporterprogramm, montiert in der Türkei - ebenso für die Modelle Farmall U mit 73/78/85 Nenn-kW ISO und ab 2013 für die leistungsgleichen in St. Valentin produzierte Baureihe Farmall U Pro mit ZF- Vierfach-Lastschaltgetriebe.

Same Deutz-Fahr (SDF) hat 2010 die Traktoren Agrofarm 420 und 430 TTV (um 75 kW) mit dem schon angekündigten eigenen CVT eingeführt, siehe Kapitel "Motoren und Getriebe bei Traktoren". 2011 kam – ebenfalls mit 4-Zylindermotoren – die Reihe Agrottron TTV dazu mit 84/91/99 Nenn-kW ISO und dem leistungsverzweigten kleinen ZF-Getriebe Eccom 1.3 [18]. Auf der Agritechnica wurde die neue Baureihe 7TTV (137/150/174 Nenn-kW ISO) vorgestellt, mit drei disponiblen Höchstgeschwindigkeiten 40/50/60 km/h und trockenen Scheibenbremsen an der Vorderachse (60km/h-Version) [19]. Die neue Baureihe 6 deckt den Nennleistungsbereich von 109 bis 143 Nenn-kW ISO mit wahlweise stufenlosem ZF-Getriebe Eccom 1.5 oder 4-stufiger Teillastschaltung (ZF T7200) ab.

New Holland nutzt die SCR-Technik ab der Baureihe T6 ab 81 Nenn-kW ISO. Optional ist LS-Hydraulik verfügbar. Im Leistungsbereich von etwa 90 bis 160 Nenn-kW ISO wird das in [20] beschriebene Doppelkupplungs-CVT eingesetzt – bei den unteren Typen mit nur 2 Fahrbereichen. Das Smart-Key System mit elektronischer Wegfahrsperre hat jetzt auch individuelle Nutzungsberechtigungen.

Massey Ferguson (MF) stellte auf der SIMA 2011 überarbeitete 4-Zylindertraktoren der Reihe 5400 vor (59/66/74/77 Nenn-kW ISO), lieferbar ab Ende 2011. Äußeres Hauptmerkmal ist eine sehr stark abgeflachte Motorhaube für gute Sicht auf die Frontgeräte. Eine kleinere Variante des „Dyna 4“-Getriebes (4 Lastschaltstufen) senkt Gewicht und Kosten [21]. In der Baureihe 7600 (103/129/136/147/158/173 Nenn-kW ISO) wird der Abgasstrom in zwei hintereinander angeordnete, schlanke SCR Katalysatoren geleitet, deren geringer Durchmesser eine geschickte Anordnung im Totwinkel der rechten A-Säule erlaubt.

Claas präsentierte zur SIMA 2011 die Großtraktoren Axion 900 (206/228/250/287 Nenn-kW ECE R 24), erster Fahrbericht in [22]. Eingebaut wurde überraschend ein 8,7l-Motor von Fiat Power Train mit SCR-Technik, wie er z. B. auch im Case IH Magnum oder New Holland T8 zu finden ist. Dieseltank 700l, AdBlue 60l. Reifengröße hinten bis 900/60 R 42. Als Getriebe ist ausschließlich das stufenlose, leistungsverzweigte ZF-ECCOM-3.0 verfügbar, Höchstgeschwindigkeit 50 km/h. Diese Reihe repräsentiert derzeit bezüglich der Nennleistung die weltweit leistungsstärksten Standardtraktoren. In 2012 stellte Claas die neue Baureihe Arion 500/600 mit Deere Power Systems Motoren, 4-Zylinder mit 103/110/116 Nenn-KW ISO, 6-Zylinder mit 110/117/124/129 Nenn-kW ISO vor. Stufe 3b wird mit Technik analog zu den schon beschriebenen John Deere Traktoren erreicht. Nachdem sich Power-Boost bei Vorgängermodellen etabliert hatte, wird diese Funktionalität jetzt hier nicht mehr angeboten. Vorerst ist nur das bekannte 24-Gang-Getriebe mit 6-stufiger Teillastschaltung verfügbar.

Ein erster Test eines Valtra N Direct [23] zeigt Praxiserfahrungen mit dem in [20] beschriebenen selbst entwickelten stufenlosen Getriebe. Valtra war ferner eine der Pionierfirmen für die SCR-Technik mit Motoren von Sisu. Als Besonderheit realisierte man einen Erdgastaktor, bei dem Diesel/RME nur noch für den Zündstrahl benötigt wird, der bei Bedarf jedoch

auch konventionell mit 100 % Diesel betrieben werden kann. Valtra hebt mit dem Modell N 163 Direkt die Grenzleistung für Vierzylindermotoren in Traktoren auf 120 kW (ISO) an [24].

### **Besondere Bauarten**

Aufgrund der extrem engen Einbausituation des Motors und der Nichtverfügbarkeit geeigneter Technik hat die EU die Einführung der Abgasstufe 3b bzw. 4 für Schmalspurzugmaschinen der Kategorie T2, T4.1 und C2 um 3 Jahren verschoben [25]. Die von Antonio Carraro produzierten knickgelenkten Gleichradtraktoren der Baureihe Walker (21bis 35 Nenn-kW ISO) werden von Same Deutz Fahr vertrieben [26].

Die auf der Agritechnica von John Deere vorgestellten neuen Modelle 9R mit Knicklenkung und 9RT mit Raupenlaufwerk, 290/325/360/395 Nenn-kW ECE R24, haben 13,5 l Motoren mit zweistufiger Aufladung. Die Abgasnorm Stufe 3b wird mit gekühlter Abgasrückführung, Diesel-Oxykat und Partikelfilter erreicht.

### **Traktor und Gerät**

Traktor-Implement-Managementssysteme (TIM) werden mittlerweile von verschiedenen Geräte- und Traktorherstellern angeboten [27].

Integrierte Generatoren für elektrische Zapfstellen – wie bei John Deere schon verfügbar – sind bei steigender Nachfrage zu erwarten. Notwendig ist noch das Mitmachen weiterer Gerätehersteller, günstig wäre eine Standardisierung der Schnittstellenspannung.

Um primär eine höhere Fahrsicherheit auf der Straße und auch auf dem Feld zu erreichen, etablieren sich elektronische Regelsysteme, deren Focus zum einen das gezielte Abbremsen des Anhängers bei Motorbremsung, das aktive Lenken der Mehrfachachsaggregate, die Regelung der Stützlast und die Dämpfung der Nickschwingungen der Traktor Starrdeichselanhängerkombination bildet [28].

### **Zusammenfassung**

Die Traktorenmärkte haben sich von der Krise bemerkenswert schnell erholt. Der Weltumsatz Traktoren wird für 2011 auf etwa auf 45 Mrd. US \$ geschätzt. In der Stückzahl sind heute Indien und China die größten internationalen Märkte mit allerdings kleinen Leistungen und einfacher Technik, aber steigenden Exporten. Die in der EU ab 1.1.2011 für Traktoren >130kW und ab 1.1.2012 für Traktoren >56 kW geltende Abgasstufe EURO 3b sowie Tier 4 interim in den USA hat erwartungsgemäß bei allen Herstellern zu neuen Modellen geführt - oft schon mit SCR-Technik für die vorerst letzte Stufe EURO 4 bzw. Tier 4 final. Die Nennleistungen der größten Standardtraktoren nähern sich der 300 kW-Marke - mit gewissen erkennbaren Grenzen. Der Trend zu immer perfekteren Assistenzsystemen und Automatisierungen hält an. Die Komponenten - neben neuen Motoren auch neue gestufte und stufenlose Automatikgetriebe - sind durch geeignete Schnittstellen über CAN-Bus immer besser vernetzt. Produktivität, Komfort, Sicherheitstechnik, Umweltschutz und Informationsvernetzung erreichen bei den obersten Technologiestufen neue Bestmarken.

## Literatur

- [1] -.-: Statistische Unterlagen des VDMA Fachverband Landtechnik, Frankfurt/M., Stand Juni 2012.
- [2] • Wiesendorfer, G., et al.: Wirtschaftsbericht VDMA Landtechnik 2012. Frankfurt/M.: VDMA 2012.
- [3] Recherchen der Verfasser, sowie Rede M. von Pentz: On our Way to a Global Company, Plenarvortrag Tagung LAND.TECHNIK AgEng 2011 Hannover 11.-12.11.2011.
- [4] Shambhu, V.B. und Chaudhary, S.K.: Utilization Pattern of Tractors in Nalanda District of Bihar - A Case Study. AMA 43 (2012) H. 1, S. 9-13.
- [5] Stieler, G.: Eastern promise. iVT International 19 (2011) H. 3, S. 16-22.
- [6] Renius, K. Th, Knechtges, H. und Geimer, M.: Gesamtentwicklung Traktoren. In: Jahrbuch Agrartechnik 23 (2011), S. 55-60. Hrsg. H.H. Harms und R. Metzner. Frankfurt/M.: DLG-Verlag 2011.
- [7] Knechtges, H. und Renius, K. Th.: Traktoren 2010/2011 (Tractors 2010/2011). Zweisprachig/bilingual. ATZ 113 (2011): Sonderausgabe ATZ offhighway, S. 10-20.
- [8] Schauer, A. : Sicherheit von Traktoren - Entwicklung und Ausblick, Landtechnik 67 (2012) H. 3, S. 169-171.
- [9] Ahmadi, I.: Dynamics of tractor lateral overturn on slopes under the influence of position disturbances (model development). Journal of Terramechanics 48 (2011) H. 5, S. 339-346.
- [10] Burose, F. und Sauer, N.: Reparatur- und Wartungskosten - Ergebnisse einer Befragung. Landtechnik 66 (2011) H. 4, S. 259-263.
- [11] Neunaber, M. und Wilmer, H.: Schleppertest John Deere 8335R: Allein auf weiter Flur. Profi 23 (2011) H.11, S. 10-15.
- [12] Höner, G.: Die starken Saubermänner. Top Agrar 41 (2012) H. 5, S. 98-115.
- [13] Neunaber, M. und Wilmer, H.: Schleppertest John Deere 7828R: Stairway to heaven. Profi 24 (2012) H. 2, S. 12-18.
- [14] <http://viewer.zmags.com/publication/b1adda38#/b1adda38/1>
- [15] Neunaber, M.: Entspannte 390 PS. Profi 22 (2010) H. 9, S. 26-29.
- [16] Wilmer, H.: Exklusiver Fahrbericht Fendt GuideConnect: Moderner Zweispänner. Profi 23 (2011) H. 11, S. 46-47.
- [17] Wilmer, H.: Fendt Farmer 313 Vario SCR: Mehr PS, weniger NOx. Profi 24 (2012) H. 4; S. 34-37.
- [18] Neunaber, M und Wilmer, H.: Schleppertest Deutz-Fahr Agrottron TTV 430: Immer für eine Überraschung gut. Profi 24 (2012) H. 4, S. 12-17.
- [19] Wilmer, H.: Exklusiver Fahrbericht Deutz-Fahr7250 Agrottron TTV: Schneller Fortschritt. Profi 23 (2011) H. 12, S.48-50.

- [20] Geimer, M. und Renius, K. Th.: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Jahrbuch Agrartechnik 22 (2010) S. 60-67. Hrsg. H.-H. Harms, F. Meier und R. Metzner. Frankfurt/M.: DLG Verlag 2010.
- [21] Neunaber, M und Wilmer, H.: Massey Ferguson 5440 Dyna 4: (Kuh-)Bauers Liebling. Schleppertest. Profi 24 (2012) H. 3, S.12-17.
- [22] Wilmer, H.: Exklusiver Fahrbericht Claas Axion 950. Schweres Geschütz. Profi 23 (2011) H. 10, S.26-29.
- [23] Neunaber, M. und Wilmer, H.: Schleppertest Valtra N 142 Direct: Finnischer Softie. Profi 23 (2011) H.2, S. 10-15.
- [24] Huiden, F. und Höner, G.: 170 PS aus nur 4 Zylindern. Top agrar 41 (2012) H. 3 S. 140-141.
- [25] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:301:0001:0002:DE:PDF>
- [26] [http://www.oemoffhighway.com/press\\_release/10454342/antonio-carraro-signs-partnership-agreement-with-same-deutz-fahr](http://www.oemoffhighway.com/press_release/10454342/antonio-carraro-signs-partnership-agreement-with-same-deutz-fahr)
- [27] Knechtges, H.: Agritechnica 2011 - Trends bei Traktoren und Transportfahrzeugen. Landtechnik 66 (2011) H. 6, S. 407-409.
- [28] Marx, B, Johanning, B. und Böttinger, S.: Nickschwingungstilgung durch Topzylinder. Landtechnik 67 (2012) H. 3, S. 191-195.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Knechtges, Hermann; Renius, Karl Theodor: Gesamtentwicklung Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-9

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043440>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/70.html>

---

## **Motoren und Getriebe bei Traktoren**

Karl Theodor Renius,  
Lehrstuhl für Fahrzeugtechnik, Technische Universität München

Marcus Geimer,  
Lehrstuhl für Mobile Arbeitsmaschinen, Karlsruher Institut für Technologie

### **Kurzfassung**

Bei Traktordieselmotoren kommt die SCR-Technik (Emissionen, Verbrauch). Das Doppelkupplungsprinzip erlangte durch das neue DirectDrive von John Deere weitere Bedeutung. Ein neues CVT von John Deere verwendet erstmalig die Doppeljoch-Hydrostatik von Sauer-Danfoss. Das schmale CVT von Same Deutz-Fahr ging in Serie. Diesel-elektrische Fahrantriebe (Prototypen) haben leichte Effizienzdefizite. Strukturen mit elektrischen Hochvolt-Bordnetzen und Steckdosen werden auf breiter Basis erwartet. Die weitere Entwicklung und Beurteilung von Antriebskonzepten wird durch zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten mit immer besseren Simulationswerkzeugen – auch für Co-Simulationen – unterstützt.

### **Schlüsselwörter**

Traktor, Getriebe, Dieselmotor, SCR, CVT, Leistungsverzweigung, elektrische Antriebe

## **Tractor Engines and Transmission**

Karl Theodor Renius,  
Chair of Vehicle Technology, Technical University of Munich

Marcus Geimer,  
Chair of Mobile Machines, Karlsruhe Institute of Technology

### **Abstract**

SCR technology is more and more applied also for tractor diesel engines (emissions, fuel consumption). The double-clutch principle gained further importance by the new DirectDrive of John Deere. A new CVT of John Deere uses for the first time the double head hydrostatics of Sauer-Danfoss. The narrow power split CVT of Same Deutz-Fahr started in series. Diesel-electric tractor drives (prototypes) have light efficiency deficits. Structures with electric high-voltage grids on-board and for implements are expected on a broader basis. The further development and evaluation of power trains is supported by several interesting scientific publications and continuously improved simulation tools – also for co-simulations.

### **Keywords**

Tractor, power train, diesel engine, SCR, CVT, power split transmission, electric drives

## **Antriebsstrang**

Eine Übersicht zur aktuellen Antriebstechnik von Traktoren wurde mit [1] vorgelegt, während man in [2] über die Energieeffizienz aus Daten von OECD-Testberichten berichtet.

Die Ungleichförmigkeit von Dieselmotoren ist durch höhere Mitteldrücke, eine Abnahme der Zylinderanzahl und ein reduziertes Drehzahlniveau (bei Höchstleistung) stark gestiegen. Torsionsdämpfer und elastische Motoraufhängungen werden dadurch stärker belastet.

Ein Antriebsstrang-Management, bei dem der Dieselmotor im Wirkungsgradoptimum eines Leistungspunkts gefahren wird, bestätigte erneut das Kraftstoffeinsparpotential [3].

## **Dieselmotoren**

Technische Maßnahmen zur Einhaltung zukünftiger Dieselmotor-Emissionen wurden aus US-Sicht in [4] besprochen. In [5] wurde von Fendt die Entwicklung der eingeführten SCR-Abgasnachbehandlung (Selective Catalytic Reduction) berichtet. Besonders hervorgehoben wird der erreichte günstige Kraftstoffverbrauch. Zusätzlich wird nach [6] 4,3 bis 7,9 % AdBlue benötigt.

Der Beitrag [7] diskutiert die Anforderungen an das Motoröl in Bezug auf die reduzierten Emissionen. In [8] wurde eine Strukturierung der weltweit eingesetzten Traktor-Dieselmotoren in Technologiestufen vorgestellt. In [9] wird über die Serieneinführung verstellbarer Schmierölpumpen berichtet, deren bedarfsgesteuerter Ölstrom und modulierter Öldruck seit 2002 in PKW-Serienanwendungen zur Kraftstoffeinsparung beiträgt.

Die Umsetzung der europäischen Abgasvorschriften hält an: Für Leistungen größer 56 kW gilt bereits die Stufe IIIB, für 37 bis 56 kW gilt diese ab 2013. Stufe 4 wird ab 2014 wirksam. Die dafür notwendige SCR-Technik wird wegen der Kraftstoffeinsparungen zum Teil auch schon heute eingesetzt, jetzt auch von John Deere angekündigt. Ob es möglich und sinnvoll ist, für Stufe 4 auf Partikelfilter zu verzichten, ist derzeit noch nicht klar erkennbar.

## **Alternative Betriebsstoffe**

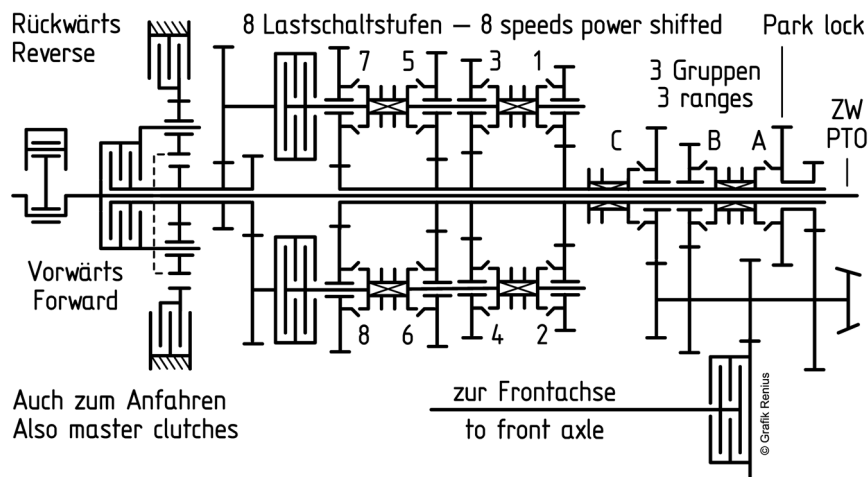
Kraftstoffkosten haben bei modernen Traktoren einen höheren Kostenanteil als früher. Eine aktuelle Übersicht über Biokraftstoffe findet man in [10]. Der Test eines Fendt Vario 820 "greentech" (Mehrpreis 7500 €) ergab für Rapsölbetrieb einen spezifischen Mehrverbrauch in g/kWh bis zu ca. 10 % [11]. Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzellen, wie sie für Erdgas entwickelt werden, sind grundsätzlich auch für Biogas brauchbar, sofern dieses geeignet aufbereitet und der Brennstoffzellenprozess daran angepasst wird [12].

## **Gestufte und hydrostatisch-stufenlose Fahrtriebe**

Gedanken zur weiteren Entwicklung von Teillastschaltgetrieben bis zu 10 Stufen wurden aus ZF-Sicht in [13] dargelegt. John Deere stellte auf der Agritechnica 2011 für die Baureihe 6R überraschend das Getriebe DirectDrive mit 8-fach Lastschaltung nach dem Doppelkupplungsprinzip vor, **Bild 1**. Der Motor treibt über die lastschaltbare Reversierung (auch

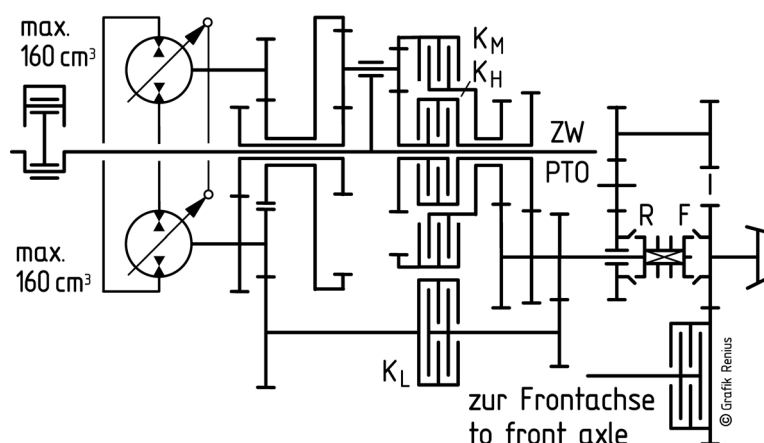


zum Anfahren) zwei nasse Kupplungen an, über die zwischen den geraden und ungeraden Gängen unter Last gewechselt werden kann. Die 8 Grundstufen arbeiten mit 3 nachgeordneten Fahrbereichen zusammen, kombiniert mit der für John Deere typischen Reversierung. Auf Wunsch gibt es Kriechgänge. Das Doppelkupplungsprinzip war schon 1939 von dem Franzosen Adolphe Kégresse (DBP 894 204) und 1940 (nur einige Monate später – vermutlich unabhängig) von dem Landtechniker Rudolf Franke (DBP 923 402) vorgeschlagen worden [14], wurde später vereinzelt in Lastschaltgetrieben von Traktoren benutzt und z. B. von CNH 2009 auch in einem leistungsverzweigten CVT angewendet [15].



**Bild 1:** Neues Getriebe John Deere "DirectDrive" mit 8-facher Lastschaltung nach dem Doppelkupplungsprinzip für Baureihe 6R (2012)

**Figure 1:** New transmission John Deere "DirectDrive" with 8-speed power shift using the double clutch concept for tractor models 6R (2012)

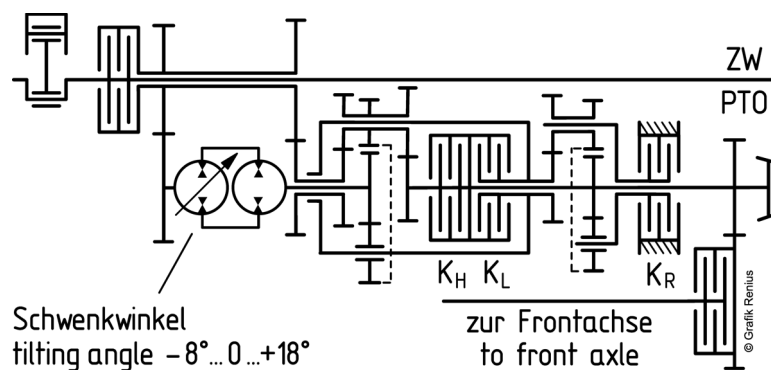


**Bild 2:** Neues leistungsverzweigtes, stufenloses Getriebe (CVT) von John Deere mit Doppeljoch-Hydrostatik (Sauer-Danfoss) für die neue Reihe 7R (2011)

**Figure 2:** New John Deere power split CVT using hydrostatic double head unit (Sauer-Danfoss) for new tractor models 7R (2011)

John Deere entwickelte weiterhin für die neue Reihe 7R ein stufenloses, leistungsverzweigtes CVT (Continuously Variable Transmission) mit zwei in der Schwenkung fest gekoppelten Schrägachsen-Axialkolbeneinheiten (Sauer-Danfoss) [16], **Bild 2**. Die erstmals bei Traktoren eingesetzte Doppeljoch-Hydrostatik mit Schrägachseneinheiten benötigt keine Drehdurchführungen, hat nur eine Verstellvorrichtung und kurze Verbindungskanäle und ist damit kostengünstig. Die Verstellreihenfolge entspricht nicht ganz der allgemeinen Regel (zuerst nur Pumpe bei voller Motoraussschwenkung) [17], kommt aber vermutlich bezüglich Wirkungsgrad dem Optimum sehr nahe.

Das kleine CVT von SDF ging bei Deutz-Fahr 2010 in Serie, **Bild 3**. Es arbeitet mit primärer Kopplung und Abnahme von zwei Fahrbereichen vorwärts (L, H) am Steg beziehungsweise am rechten Sonnenrad des Summierungsplaneten. Der Rücklauf (R) geht auch vom Steg aus. Das Getriebe baut durch den Verzicht auf Hohlräder und äußere Bremsen besonders schlank - günstig für Schmalspurtraktoren.



**Bild 3:** Leistungsverzweigtes CVT von Same Deutz-Fahr für unteren Leistungsbereich (2010)  
**Figure 3:** Power split CVT of Same Deutz-Fahr for lower power range (2010)

Zum neuen stufenlosen Valtra-Getriebe (siehe voriges Jahrbuch) erschien mit [18] eine ausführliche technische Beschreibung und in [19] ein Bericht über die Projektabwicklung mit Linde-Schrägscheibeneinheiten (Back-to-back 75/75 ccm).

In [20] wurde die Konstruktion der neuen kleinsten Vario-Version ML 70 für die 200er Familie vorgestellt (ein Fahrbereich) mit auch einem Überblick über den gesamten Vario - Getriebebaukasten: insgesamt nur 3 Pumpen- und 3 Motorgrößen, alle verstellbar. Publiizierte Kennfelder [21] zeigen erneut deren herausragend gute Wirkungsgrade (von bis zu 96 %).

Carraro präsentierte mit [22] die Entwicklung eines stufenlosen Getriebes nach dem TOROTRAC-Volltoroid-Prinzip mit etwa 90 kW Grenzleistung. Nach dem "geared neutral"-Prinzip erzeugt ein erster leistungsverzweigter Fahrbereich Geschwindigkeiten bis ca. 10 km/h mit stufenlosem Reversieren, an den sich ein zweiter, direkter bis ca. 50 km/h anschließt. Die mitgeteilten Wirkungsgrade gelten ohne Achsen. Berücksichtigt man diese zusätzlich nach [23], so ergeben sich Gesamtwirkungsgrade im Trend eher etwas unter denen guter hydrostatisch-leistungsverzweigter Konzepte dieser Leistungsklasse.

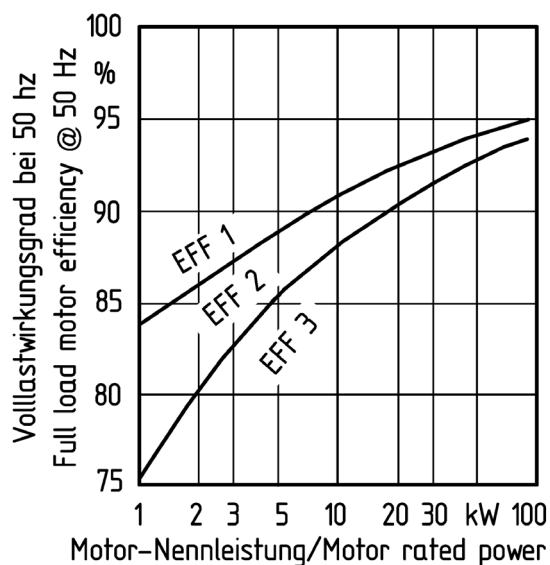
ZF entwickelte mit dem "Terramatic 11" eine Abrundung seines CVT-Programms nach unten in zwei Leistungsklassen - max. 65 oder 85 kW (ECE R24) [24]. Die Leistungsverzweigung ist primär gekoppelt (45 ccm-Einheiten, eine verstellbar).

Die Erfolge hydrostatisch-leistungsverzweigter Fahrtriebe bei Traktoren beflügelten Entwicklungen auch für Baumaschinen. So stellten auf der Bauma 2010 die Firmen Caterpillar, ZF und Bosch Rexroth - DANA serienreife Lösungen für Radlader vor. Ferner entwickelte die 2009 gegründete VDS Getriebe GmbH einen interessanten Getriebebaukasten [25].

### Stufenlose mechanische, elektrische und hybride Systeme

Auf der Interalp 2009 präsentierte Kässbohrer erstmals als Studie einen diesel-elektrischen Pistenbulldozer mit STW-Komponenten [26] und auf der BAUMA 2010 stand von Caterpillar eine dieselelektrische Planieraupe. Die Gesamtwirkungsgrade liegen vermutlich etwas unter denen guter hydrostatisch-leistungsverzweigter Getriebe.

Elektrische Antriebe sind als Prototypen auch bei Traktoren weiter auf dem Vormarsch. Auf der Agritechnica 2009 präsentierte Belarus mit dem Typ 3023 (Nennleistung ca. 220 kW) einen Traktor mit stufenlosem elektrischen Fahrtrieb aus Asynchrongenerator, Hochvolt-Gleichstrom-Zwischenkreis und Asynchronmotor-Komponenten von Ruselprom, Moskau.



**Bild 4:** Wirkungsgradklassen für Asynchronmotoren nach EU/CEMEP.

**Fig. 4:** Efficiency classification for asynchronous motors acc. EU/CEMEP

Der elektrische Wandler (incl. 2x Leistungselektronik) soll in einem weiten Geschwindigkeitsbereich Vollastwirkungsgrade um 85 bis 86 % erreichen (Firmen-Diagramm), was für sehr gute Komponenten der höchsten Effizienzklasse gerade plausibel erscheint, **Bild 4**. Rechnet man die Zweigang - Gruppenwahl und die Achsen hinzu, sind für "Getriebeeingang bis Radnabe" Werte um 78 bis 80 % zu erwarten. Das ist besser als bei einem direkten hydrostatischen Antrieb, aber schlechter als bei den existierenden hydrostatisch - leistungsverzweigten Konzepten dieser Leistungsklasse [27].

Etwas günstiger könnte ein diesel-elektrischer Antriebsstrang abschneiden, der mit direkten Radantrieben (über integrierte Planetengetriebe) arbeitet, wie z. B. von der TU Dresden entwickelt [28] und an einem

RIGITRAC auf der Agritechnica 2011 vorgestellt. Kritischer Punkt ist hier, den bei Traktoren sehr großen Vollast-Fahrbereich (4 bis 40/50/60 km/h, Spreizung bis 1:15) mit ausreichend guten Wirkungsgraden darzustellen. Das erfordert schaltbare Zusatzstufen. Der Ist-Stand beim RIGITRAC: 2 elektrische Stufen, Spreizung 8,5, Planetengetriebe 4:1.

Ein Konzeptvergleich zwischen einem parallelen, einem seriellen und einem leistungsverzweigten elektrischen Antrieb [29] zeigt auf theoretischer Basis, dass das parallele System Vorteile in Bezug auf Bauraum und Kosten und das leistungsverzweigte System den besten Wirkungsgrad besitzt.

Die Tagung LAND.technik AgEng 2011 widmete sich erstmalig in einer eigenen Sektion dem Thema "elektrische Antriebstechnik". Serienreife Lösungen konzentrieren sich auf die Bereitstellung elektrischer Energie mittels eines von der Zapfwelle angetriebenen Generators, [30, 31]. In der Entwicklung befinden sich Konzepte, bei denen die elektrische Energie mit im Traktor integrierten Generatoren ermöglicht wird [32, 33].

### **Entwicklungswerkzeuge und konstruktive Grundlagen**

Aus dem in [15] genannten Projekt zur Entwicklung von Rechenmodellen für verlustbehaftete mechanische und hydraulische Komponenten eines Antriebsstrangs ist eine weitere Dissertation entstanden [34], in der ein dynamisches Simulationsmodell eines Dieselmotors entwickelt und validiert wurde. Im Weiteren wurden zwei dynamische Ansätze einer Betriebsstrategie, das Amortisationsdauerverfahren und das Kapitalwertkriterium, untersucht. In [35] wird eine Simulationsplattform zur Standardisierung einer Schnittstelle für unternehmensübergreifende Simulationen von Maschinen vorgeschlagen.

Druckölauführungen an drehenden Getriebeteilen sollen bis etwa 22 bar bei z. T. hohen Differenzdrehzahlen leckölarml, reibungsarm, verschleißarm und temperaturfest arbeiten. In [36] werden dazu Messergebnisse für "Kolbenringe" aus Grauguss und Kunststoff mitgeteilt.

Der Ölstand in Getriebekammern kann mit Luftüberdruck vorteilhaft gesteuert werden [37], um Plantschverluste klein zu halten und Schmieraufgaben mit einem minimalen Ölvorrat im Getriebe zu erfüllen - insbesondere bei gemeinsamen Ölhaushalten mit entnehmbaren Ölvolumina für Geräte und Anhänger.

Die erstmals 1976 in [38] (1977 deutsch in [39]) publizierte Optimierung eines Zahnradpaars nach vorgegebenem Lastkollektiv mit Hilfe voraus berechneter Bauteilwöhlerlinien eingebauter Zahnräder wird in zwei neueren Arbeiten bestätigt und weiter ausgebaut [40, 41].

### **Zusammenfassung**

Bei Dieselmotoren wird der durch Emissionsvorschriften getriebene Einzug der SCR-Technik (NOx-Reduktion) durch Kraftstoffeinsparungen beschleunigt. Das Doppelkupplungsprinzip erlangte durch das neue DirectDrive von John Deere weitere Bedeutung. Ein neues CVT vom gleichen Hersteller verwendet erstmalig die kompakte Doppeljoch-Hydrostatik von Sauer-Danfoss. Das angekündigte kleine, schmale leistungsverzweigte CVT von Same Deutz-Fahr ging in Serie. Diesel-elektrische Fahrtriebe wurden in Prototypen vorgestellt, erreichen tendenzmäßig nicht ganz die Effizienz leistungsverzweigter hydrostatischer Konzepte. Strukturen mit elektrischen Hochvolt-Bordnetzen und Steckdosen werden auf breiter Basis erwartet. Die weitere Entwicklung und Beurteilung von Antriebskonzepten wird durch zahlreiche wissenschaftliche Arbeiten mit immer besseren Simulationswerkzeugen unterstützt.

## **Literatur**

- [1] Steindorff, K. et al.: Trends bei Landmaschinen und Traktoren. Teil I und II. O+P Z. für Fluidtechnik 54 (2010) H. 1-2, S. 18-24 (Teil I) und H. 3, S. 57-60 u. 62-63 (Teil II).
- [2] Ortiz-Canavate, J. et al.: Classification of Agricultural Tractors According to the Energy Efficiencies of the Engine and the Transmission Based on OECD Tests. Applied Engineering in Agriculture 25 (2009) H. 4, S. 475-480.
- [3] Schumacher, A.: Best Point Control - Energetisches Einsparpotential eines Antriebsstrang Managementsystems. VDI-Fachkonferenz Getriebe in mobilen Arbeitsmaschinen, Friedrichshafen, 07./08. 06. 2011.
- [4] • Xinqun, G., Dou und Winsor, R.: Non-Road Diesel Engine Emissions and Technical Options für Meeting Them. ASABE Distinguished Lecture Series Tractor Design No. 34 (2010). St. Joseph MI; USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- [5] Mengele, J. und Ott, M.: Field Test Experiences with SCR Technology to meet Tier 4 interim. Tagung LAND. TECHNIK AgEng 2009 Hannover 6./7.11.2009. In: VDI-Berichte 2060, S. 41-47. Düsseldorf: VDI-Verlag 2009.
- [6] Cavallo, E., Pampuro, N. und Facello, A.: Consumption of Diesel exhaust fluid (DEF) of agricultural tractor engines using selective catalytic reduction (SCR) system. Tagung LAND. TECHNIK AgEng 2011 Hannover 11./12.11.2011. In: VDI-Berichte 2124 (2011), S. 259-264. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- [7] Lescure, J. und Lamy, B.: No oil painting. iVT International 2010 Industrial Vehicle Technology. Ausgabe 2010, S. 58-60.
- [8] Renius, K.Th. und Dreher, T.: Klassenunterschiede. Traktor-Dieselmotoren: Die weltweite Vielfalt und deren Strukturierung in fünf Technologiestufen. Mobile Maschinen 2 (2009) H. 4, S. 30-33.
- [9] • Berg, M. (Hrsg.): Ölkreislauf von Verbrennungsmotoren II. Haus der Technik Fachbuch (in Koop. mit IAV). Renningen: Expert Verlag 2007.
- [10] Munack, A. et al.: Potentials of Biofuels. XVIIth CIGR World Congress, Québec City, Canada 13-17.06. 2010, paper CSBE100337.
- [11] Neunaber, M. und Willmer, H.: Schleppertest Fendt 820 Vario greentech: Mehrverbrauch und Minderleistung können sich lohnen. Profi 21 (2009) H. 11, S. 10-14.
- [12] • Scholz, V., Schmersahl, R. und Ellner, J.: Einsatz von Biogas in Brennstoffzellen. Bornimer Agrartechn. Ber. H. 71. Potsdam-Bornim: ATB 2009.
- [13] Mohr, M. et al.: Comparison of different Power Shift Transmission Concepts for Tractors. Tagung LAND. TECHNIK AgEng 2011 Hannover 11./12.11.2011. In: VDI-Berichte 2124 (2011), S.353-359. Düsseldorf: VDI-Verlag 2011.
- [14] • Götze, T.: Das Parallelstranggetriebe - ein modifiziertes Doppelkupplungsgetriebe mit verbessertem Rekuperationspotenzial. Diss. Univ. Karlsruhe 2004. Karlsruhe: Forsch.-Berichte IPEK (Hrsg. A. Albers), Band 14 (2005). Siehe auch Franke, R.: Doppelkupplungsgetriebe für Nutzfahrzeuge. ATZ 91 (1989) H. 3, S. 159-160 u. 162.

- [15] Geimer, M. und Renius, K. Th.: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Jahrbuch Agrartechnik 22 (2010), S. 60-67. Frankfurt/M.: DLG Verlag.
- [16] Knechtges, H. und Renius, K. Th.: Traktoren 2010/2011 (Tractors 2010/2011). Zweisprachig/bilingual. ATZ offhighway, S. 10-20. Sonderausgabe zur ATZ 113 (2011).
- [17] • Matthies, H. J. und Renius, K. Th.: Einführung in die Ölhydraulik. 7. Auflage. Wiesbaden: Vieweg+Teubner/Springer Fachmedien 2011.
- [18] Teinilä, T.: Neue Valtra-Getriebe aus eigener Fertigung. Zweisprachig/bilingual. "ATZ offhighway", S. 70-78 und 80. Sonderausgabe zur ATZ 111 (2009).
- [19] Kempermann, Ch., Stürmer, B. und Kunelius, J.: Neues Konzept für leistungsverzweigtes Getriebe. O+P Z. für Fluidtechnik 54 (2010) H. 1-2, S. 14-17.
- [20] Schleich, W. und Brenninger, M.: The drive train family for a new series of vineyard, orchard and small standard tractors. Tagung LAND. TECHNIK AgEng 2009 Hannover 6./7.11.2009. In: VDI-Berichte 2060, S. 73-78. Düsseldorf: VDI-Verlag 2009.
- [21] Rahmfeld, R. und Skirde, E.: Efficiency Measurement and Modelling - Essential for Optimizing Hydrostatic Systems. 7th Internat. Fluid Power Conference Aachen 22/24.03.2010. Proceedings Vol III, S. 53-66.
- [22] Casella, A. und Albertin, G.: Powertrain efficiency optimization fo Full Toroidal Variator based IVT agricultural transmissions. Tagung LAND. TECHNIK AgEng 2009 Hannover 6./7.11.2009. In: VDI-Berichte 2060, S. 303-308. Düsseldorf: VDI-Verlag 2009.
- [23] Renius, K.Th.: Wirkungsgrad stufenloser Traktor-Fahrertriebe. Landtechnik 51 (1996) H. 5, S. 248-249.
- [24] Bailly,, G. et al.: ZF Terramatic 11 - continuously variable drive line concept in a tractor of the low power class. Tagung LAND. TECHNIK AgEng 2011 Hannover 11./12. 11. 2011. In: VDI-Berichte 2124, S.361-368. Düsseldorf: VDI-Verlag 2011.
- [25] Aitzetmüller, H.: Hydrostatisch-mechanisches Leistungsverzweigungsgetriebe VTP. Tagung LAND. TECHNIK 2010 Braunschweig 27./28.10.2010. In: VDI-Ber.2111, S. 385-390. Düsseldorf: VDI-Verlag 2010.
- [26] Dietel, H., Kuhn, M. und Hemscheidt, M.: Hohe Einsparpotenziale und funktionale Erweiterungen. O+P Z. für Fluidtechnik 53 (2009) H. 9, S. 376-380.
- [27] • Renius, K.Th. und Resch, R.: Continuously Variable Tractor Transmissions. ASAE Distinguished Lecture Series No. 29 (2005). St. Joseph MI; USA: American Society of Agricultural Engineers.
- [28] Geißler, M. et al.: Elektrifizierter Radnabenantrieb im Traktor. Tagung LAND. TECHNIK 2010 Braunschweig 27./28.10.2010. In: VDI-Ber.2111, S.363-369. Düsseldorf: VDI-Verlag 2010
- [29]: Götz, M., Fellmann, M. und Grad, K.: Elektrifizierung und Hybridisierung bei Landmaschinen - Konzepte und Vorteile. VDI-Fachkonferenz Getriebe in mobilen Arbeitsmaschinen, Friedrichshafen, 07./08.06.2011.
- [30] Prankl, H. et al.: Multi-Functional Generator for Mobile Electric Power Supply of Agricultural Machinery. Tagung LAND. TECHNIK AgEng 2011 Hannover 11./12.11.2011. In: VDI-Berichte 2124, S. 7-13. Düsseldorf: VDI-Verlag 2011.



- [31] Thiel, M. et al.: Development of a PTO driven generator for electrical drives in agricultural machinery. Tagung LAND. TECHNIK AgEng 2011 Hannover 11./12.11.2011. In: VDI-Berichte 2124, S. 21-26. Düsseldorf: VDI-Verlag 2011.
- [32] Götz, M., Müller, A. M. und Abele, M.: Electrification of a tractor and implement - The ZF project ElecTra. Tagung LAND. TECHNIK AgEng 2011 Hannover 11./12.11.2011. In: VDI-Berichte 2124, S. 15-20. Düsseldorf: VDI-Verlag 2011.
- [33] Reinmuth, F. und Tarasinski, N.: Electric Driven Implement Axles. Tagung LAND. TECHNIK AgEng 2011 Hannover 11./12.11.2011. In: VDI-Berichte 2124, S. 27-32. Düsseldorf: VDI-Verlag 2011.
- [34] • Bliesener, M.: Optimierung der Betriebsführung mobiler Arbeitsmaschinen. Dissertation KIT Karlsruhe, 2011.
- [35] Rüdenauer, A. und Geimer, M.: Physikalische Modellierung 2.0: Unternehmensübergreifende Co-Simulation mit Hilfe der GUSMA-Plattform. Kongress für Simulation im Produktentstehungsprozess, Veitshöchheim, 29./30. 09. 2011.
- [36] Ofterdinger, M. und Frey, D.: Höchste Anforderungen an zukünftige Dichtstellen. Entwicklungstendenzen bei Druckölzuführungen in Fahrzeugen mit Lastschaltgetrieben. O+P Z. für Fluidtechnik 53 (2009) H. 8, S. 350-353.
- [37] Schäfer, H. et al.: Efficient Oil Management in a Tractor Transmission, VDI-Fachkonferenz Getriebe in mobilen Arbeitsmaschinen, Friedrichshafen, 07./08. 06. 2011.
- [38] Renius, K.Th.: European Tractor Transmission Design Concepts. ASAE-Paper 76-1526 (1976). St. Joseph, MI, USA: American Society of Agricultural Engineers.
- [39] Renius, K.Th.: Betriebsfestigkeitsberechnung von Maschinenelementen bei Acker schleppern. Konstruktion 29 (1977) H. 3, S. 85-93.
- [40] • Weitzl, R.M.: Zur Tragfähigkeitsberechnung von Wälzlagern und Stirnrädern. Diss. TU München 2010.
- [41] • Ziegler, A.: Zur verkürzten Systemlebensdauerprüfung von Zahnradgetrieben. Diss. TU München 2011.

#### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

##### **Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 08.08.2012

##### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Geimer, Marcus; Renius, Karl Theodor: Motoren und Getriebe bei Traktoren. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-9

##### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043441>

##### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/72.html>

## **Traktorhydraulik**

Lennart Roos, Johannes Untch,

Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Technische Universität Braunschweig

### **Kurzfassung**

Auf dem Gebiet der Traktorhydraulik stellen vor allem die Steigerung der Effizienz sowie die Verbesserung des Arbeitsergebnisses wesentliche Forschungs- und Entwicklungsziele dar. Darüber hinaus werden eine Verbesserung der Bedienbarkeit von Systemen, beispielsweise durch unterstützende Regelungen, aber auch die Erhöhung des Komforts für Bediener und Umwelt angestrebt. Ebenso nimmt die Integration von Informationstechnik in Komponenten weiter zu.

### **Schlüsselwörter**

Arbeitshydraulik, Fahrhydraulik, Hubwerkshydraulik, Multikuppler, Frontlader, Power Beyond

## **Tractor Hydraulics**

Lennart Roos, Johannes Untch,

Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, Technische Universität Braunschweig

### **Abstract**

In the field of tractor hydraulics the main driving forces for research and development are the enhancement of performance and efficiency as well as the work quality. Furthermore, the improvement of operability, i.e. by supporting control systems, and the enhancement of comfort for the user and the environment are pursued. Moreover the integration of information engineering in hydraulic components is increasing continuously.

### **Keywords**

Working hydraulics, driving hydraulics, hitch hydraulics, multi-coupling, front loader, power beyond

## Einleitung

Die deutsche Fluidtechnik hat das Krisenjahr 2009 gut überstanden und erholt sich weiter. Laut dem Fachverband Fluidtechnik des VMDA konnte nach einem Rückgang von 40 % (2009) bereits 2010 eine Steigerung um 36 % und ein Umsatz von 5,5 Mrd. Euro erreicht werden, wovon der Anteil der Hydraulik 3,8 Mrd. Euro beträgt [1].

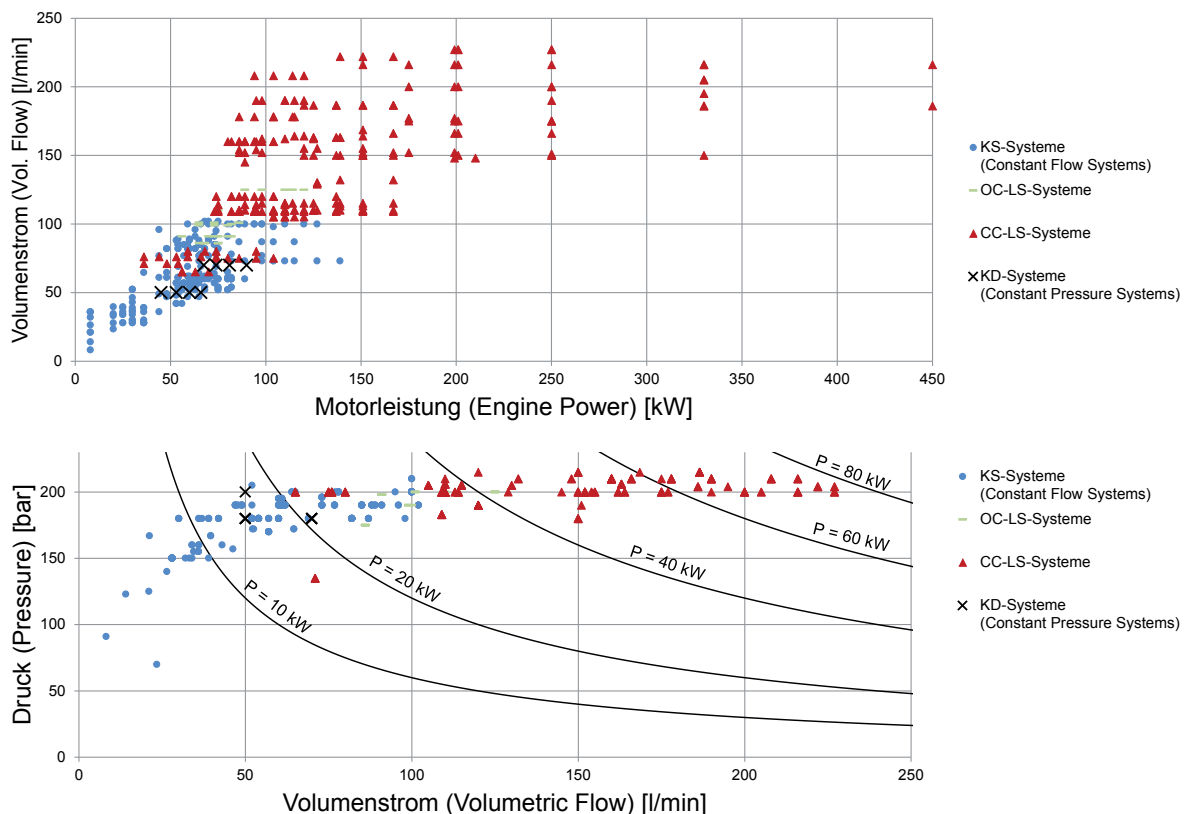
Für die Fluidtechnik zeigt die reale Veränderung vom Januar bis April 2012 zum Vorjahr ein Wachstum von 10 %, während es 2011 zu 2010 noch 25 % waren. In der gleichen Größenordnung verlangsamten sich die Entwicklungen in der Landtechnik. Das Umsatzniveau von 2011 hat das des Jahres 2008 nahezu wieder erreicht [2].

Die Landtechnikbranche ist mit 13,9 % der zweitgrößte Abnehmer hydraulischer Komponenten- und Systemlösungen mit leicht steigender Tendenz. Sie greift auf hydraulische Technologien zurück, welche sich durch Robustheit, Leistungsdichte, Langlebigkeit und zunehmend durch Effizienz auszeichnen [3].

Maßgebende Tagungen und Konferenzen im Berichtszeitraum waren das 8. internationale fluidtechnische Kolloquium in Dresden, die 12. skandinavische Fluidtechnik-Konferenz in Tampere, die 69. LAND.technik AgEng in Hannover sowie das 6. Kolloquium Mobilhydraulik in Braunschweig.

## Arbeitshydraulik

Derzeit befinden sich hauptsächlich Konstantstrom- und Load-Sensing-Systeme mit Verstellpumpe im Markt; seltener finden sich LS-Systeme mit Konstantpumpe, vereinzelt nur Konstantdrucksysteme. Wie aus Bild 1 zu entnehmen ist, haben sich im unteren Leistungssegment bis auf wenige Ausnahmen aufgrund ihres einfachen, robusten Aufbaus Konstantstromsysteme durchgesetzt. Oberhalb einer hydraulischen Eckleistung von 35 kW oder einem Volumenstrom von ca. 100 l/min werden die KS-Systeme von den LS-Systemen abgelöst. Ebenfalls zu erkennen ist, dass der maximale Systemdruck nach wie vor bei etwa 200 bar liegt; Ausnahmen finden sich im Leistungsbereich unter 40 kW. Bei den LS-Systemen ist der systembedingte Druckabfall von etwa 15 bis 30 bar über den Stromreglern zu berücksichtigen [4 bis 5].



**Bild 1:** Volumenstrom über Motorleistung (oben), Druck über Volumenstrom (unten) für versch. Traktorhydrauliksysteme, nach [4]

**Figure 1:** Volumetric Flow vs. Engine Power (above), Pressure vs. Volumetric Flow (below), for different tractor hydraulic systems, according to [4]

Weiterhin steht die Steigerung der Energieeffizienz in Arbeitshydrauliksystemen im Vordergrund, wie etwa bei den Arbeiten von Dengler. Untersucht wird ein Konstantdrucksystem, das über zwei Druckniveaus verfügt, um bei Teillast die systembedingten Drosselverluste zu minimieren. Da der effiziente Betrieb rotatorischer Verbraucher am Konstantdrucknetz ausreichend beschrieben wurde, konzentrieren sich die Untersuchungen auf Schaltungen mit Differentialzylindern. Je nach Belastungszustand wird entweder die Kolben- oder die Ringkammer mit Tank-, Zwischen- oder Hochdruck beaufschlagt. Auf diese Weise können verschiedene Druckdifferenzen über den Zylindern eingestellt und der Drucküberschuss verringert werden [6].

Zur Dynamik- und Effizienzsteigerung von Load-Sensing Systemen schlägt Grösbrink ein System mit adaptiver Pumpenregelung vor. Die Kombination einer Bedarfsstromsteuerung mit einer überlagerten LS- $\Delta p$ -Regelung greift auf einen konventionellen hydraulisch-mechanischen-Förderstromregler sowie eine elektroproportionale Verstellung mit adaptiven Verhalten zurück. In theoretischen und experimentellen Untersuchungen konnte ein kontrollierter, schlagfreier Reglerwechsel auch bei dynamischen Betriebspunktänderungen nachgewiesen werden. Das System arbeitet mit einer variablen, möglichst geringen

Regeldruckdifferenz. Zudem zeigt das System gegenüber dem mechanisch-hydraulischem LS eine deutlich verbesserte Dämpfung bzw. kürzere Einschwingzeiten [7].

Bei Traktoren ab 100 kW findet sich zusätzlich zu den traktorseitig installierten Ventilscheiben eine sog. „Power Beyond“-Schnittstelle, welche die Einbindung von gezogenen Arbeitsgeräten mit eigenen (speziellen) Ventilblöcken ermöglicht. Dies bietet den Vorteil, die Ventilcharakteristika gezielt auf die geforderten Funktionen abzustimmen und Synergieeffekte etwa durch Mehrfachnutzung gleicher Komponenten zu erzielen. Die Gerätehydraulik wird vermehrt als Mehrverbraucher-LS-System ausgeführt, das auch in Kombination mit Konstantpumpen funktionsfähig sein muss. Daher werden Eingangssegmente mit Eingangsdruckwaagen eingesetzt, die bei Verwendung von KS-Systemen das LS-Signal für die Druckwaage nutzen, um überschüssigen Volumenstrom zum Tank abzuführen. Bei Verwendung einer LS-Regelpumpe wird die Eingangsdruckwaage blockiert und das LS-Signal dem Traktor übergeben. Dabei ist oftmals die LS-Signalüberhöhung möglich, um Druckverluste über Kupplungen, Schlauchleitungen o. ä. auszugleichen und somit den maximalen Volumenstrom am Gerät zu ermöglichen [5;8].

An der Schnittstelle zwischen Traktor und Gerät zeigt sich ein Trend zum kombinierten Kuppeln mehrerer hydraulischer Anschlüsse in Form sog. Multikuppler. Dabei werden im Wesentlichen zwei Ziele verfolgt: Einerseits soll ein Vertauschen von Hydraulikanschlüssen verhindert werden, was zu Schäden am Anbaugerät führen kann. Dies ist besonders bei automatisierten Prozessen von Bedeutung, wie bspw. beim Vorgewendemanagement. Andererseits sollen höhere Durchflussmengen ermöglicht werden. Der Claas-Multikuppler (Bild 2) ersetzt die Standard-Schnellkuppler durch eine traktor- und eine geräteseitige Anschlussplatte. Am Traktor befindet sich ein mit flachdichtenden Kupplern ausgestatteter Block, welcher direkt mit den Steuerscheiben verbaut ist. Die Gegenstücke der Flachkuppler befinden sich geräteseitig in einer Platte, mit der die zu kuppelnden Hydraulikschläuche fest verschraubt sind. Die Verwendung von flachdichtenden Kupplern ermöglicht gegenüber den Standard-Schnellkupplern eine höhere Durchflussmenge und/oder einen geringeren Druckabfall über die Schnittstelle [9].

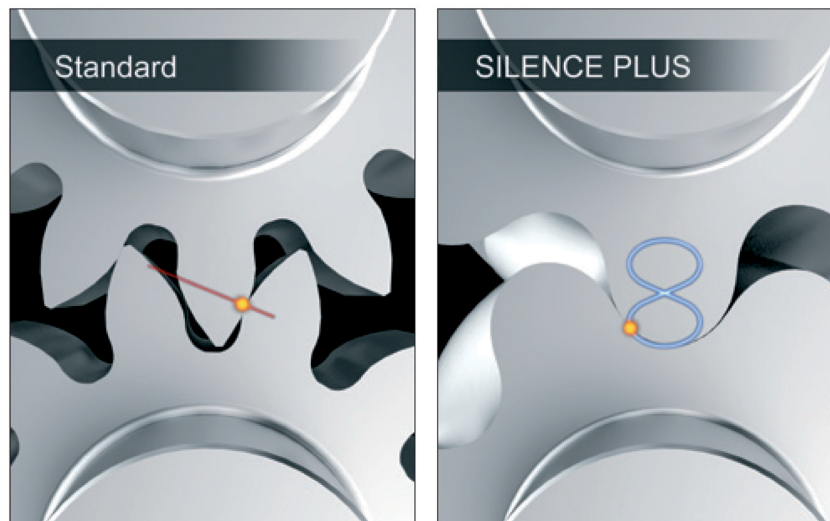


**Bild 2:** Claas Multikuppler am Traktorheck [CLAAS]

**Figure 2:** Claas Multikuppler mounted at a tractor's rear end [CLAAS]

Es ist ein Trend zum Einsatz von Load-Sensing-Systemen auch bei kleineren Leistungen zu beobachten. Beispielsweise hat Bosch Rexroth für Traktoren mit Leistungen bis 90 PS die neue LS-Axialkolbenpumpe A1VO vorgestellt. In einer Simulation wurde für einen Zyklus eines Traktorherstellers ein Einsparpotential von 10-15 % gegenüber einem Konstantstromsystem, das in diesem Leistungssegment eine Alternative darstellt, ermittelt [10]. Linde stellte die neue elektrisch angesteuerte Mitteldruckpumpe MPR50 vor. In Verbindung mit einer elektrischen Verbrennungsmotorsteuerung kann so ein kennfeldoptimierter Betrieb der Maschine realisiert werden. Gegenüber Load-Sensing-Pumpen werden außerdem Raumbedarfvorteile angegeben [11]. Eine weitere Erhöhung der Maschineneffizienz bietet sich durch eine Ausweitung des Betriebsbereiches der Komponenten. In diesem Zusammenhang erlaubt Linde unter der Überschrift p+ den Nutzern seiner Pumpen der Baureihe 02, statt des Betriebsdruckes von 420 bar mit bis zu 500 bar zu arbeiten, falls bestimmte Betriebsbedingungen eingehalten werden [12].

Zahlreiche Forschungsarbeiten sind zum Thema der Geräusche in der Hydraulik in den letzten Jahren entstanden. Grundlegende Forschungsansätze zur Ermittlung und Beeinflussung der Geräuschentwicklung finden sich unter anderem bei Hartmann [13], Seeniraj [14] und Klop [15]. Zur Reduzierung der Geräuschpegel in kritischen Frequenzbereichen wird für Alu-Druckguss-Pumpenträger ein Nachrüst-Bausatz angeboten [16]. Auf dem IFK 2012 wurde mit der Silence-Plus-Pumpe eine geräuschoptimierte Außenzahnradpumpe vorgestellt. Die Geräuschreduzierung wird unter anderem durch eine Schrägverzahnung in Kombination mit einem speziellen Zahnprofil erreicht [17].



**Bild 3:** Zahngeometrie einer herkömmlichen Pumpe (links) und der Silence-Plus-Pumpe (rechts) [Bosch Rexroth]

**Figure 3:** Tooth design of a conventional pump (left) and of Silence-Plus pump (right) [Bosch Rexroth]

## Fahrhydraulik

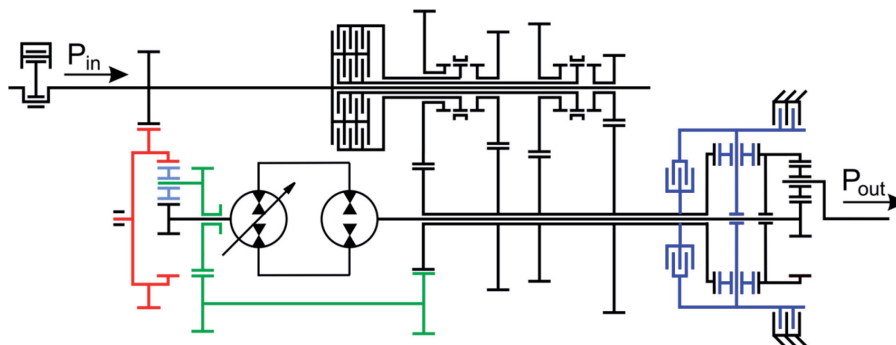
Hydrostatisch-mechanisch leistungsverzweigte Getriebe sind mittlerweile seit fast 20 Jahren in Traktoren im Einsatz. Entwicklungen in Richtung höherer Effizienz des hydrostatischen



Leistungspfades und auf den Einsatzfall zugeschnittene Getriebestrukturen tragen zur Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades und der Funktionalität des Getriebes bei.

Auf der Landtechniktagung 2011 stellte Meija die Kompakteinheit A41CT für den Einsatz in leistungsverzweigten Getrieben vor, in der das Schrägscheiben- mit dem Schrägachsenprinzip kombiniert wird. Effizienzvorteile entstehen dadurch, dass Schrägachsenmaschinen wegen der großen Schwenkwinkel und der Vermeidung von Querkraftbelastung der Kolben bauartbedingt gute hydraulisch-mechanische Wirkungsgrade erreichen. Außerdem ermöglichen Schrägachsenmaschinen höhere Betriebsdrehzahlen, sodass für gleiche Leistungen kleinere Baugrößen verwendet werden können. Als Sekundäreffekt sinkt der Kühlbedarf, was die Verlustleistung weiter reduziert [18]. Die Kompakteinheit kommt unter anderem im neu entwickelten Leistungsverzweigungsgetriebe von New Holland zum Einsatz [19].

Für heterogene Anforderungen wie Stufenlosigkeit in niedrigen Geschwindigkeiten und hohe Effizienz bei schnellen Transportfahrten wurde am Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge das Konzept eines teilstufenlosen hydrostatisch-mechanisch leistungsverzweigten Getriebes entwickelt (Bild 4). Über eine getriebeinterne Rückführung der Drehgeschwindigkeit im mechanischen Teil wird erreicht, dass die Pumpendrehzahl und damit der hydrostatische Leistungsanteil und hydraulische Schleppverluste in höheren Fahrstufen sinken und in der höchsten Fahrstufe Null werden, was zu hohen Wirkungsgraden bei Transportfahrten führt [20].



**Bild 4:** Struktur des teilstufenlosen leistungsverzweigten Getriebes [20]

**Figure 4:** Schematic of the partially continuously variable transmission [20]

Im Vergleich zu mechanischen Kupplungen weisen Hydrostaten relativ hohe Stellzeiten auf, sodass das Durchschwenken der Hydraulikpumpe bei Fahrbereichswechseln unerwünscht ist. Durch Verwendung eines Doppelplanetengetriebes innerhalb des leistungsverzweigten Getriebes kann dieses Problem umgangen werden. Die Pumpe muss dann nicht mehr durch- sondern im folgenden Fahrbereich für eine weitere Geschwindigkeitssteigerung nur in umgekehrte Richtung verschwenkt werden. Ein Beispiel für die Ausnutzung dieses Prinzips findet sich im Konzept des hydrostatisch-mechanisch leistungsverzweigten Getriebes VTP beim Wechsel vom rein hydrostatischen (niedrige Geschwindigkeit) zum hydrostatisch-mechanisch leistungsverzweigten Betrieb (höhere Geschwindigkeit) [21].

Auf dem IFK 2012 wurden Untersuchungen zu einem hydrostatischen Getriebe mit entleertem Gehäuse des Schrägachsenmotors (Dry Case) vorgestellt. Im Gegensatz zu existierenden Lösungen wird das Gehäuse durch Schwerkraft entleert. Der Hydrauliktank soll Teil des Motorgehäuses werden. Durch das nicht ölgefüllte Gehäuse werden Planschverluste weitgehend vermieden, was sich besonders bei hohen Drehzahlen auswirkt. Eine Maschine, deren maximaler Leistungsbedarf bei höchster Geschwindigkeit auftritt, kann dann mit kleinerer Verbrennungskraftmaschine ausgestattet werden oder höhere Geschwindigkeiten erreichen [22].

### **Assistenz- und Regelsysteme**

Zur Verbesserung des Zeitverhaltens eines LS-Hubwerkregelventils mit Eingangsdruckwaage wurden von Anthony Dynamikuntersuchungen durchgeführt. Ziel war es, kritische Betriebszustände zu identifizieren und Vorschläge zu deren Vermeidung zu erarbeiten, wobei der Grundaufbau des Ventils unverändert bleiben sollte. Es wurde ein nichtlineares Modell des Stromregelventils entwickelt und anhand von Experimenten verifiziert. Analysen im Zeit und Frequenzbereich ergeben, dass neben stark oszillierenden Betriebspunkten auch instabile Zustände auftreten können, die durch gezielte Dimensionierung der Drosselquerschnitte an den Ventilschiebern stabilisiert werden können [23].

In einem Gemeinschaftsprojekt der Universität Hohenheim zusammen mit der Bosch Rexroth AG wurde die doppelt wirkende elektrohydraulische Hubwerksregelung auf ihre Potentiale für die Bodenbearbeitung untersucht. Der Fokus der Arbeiten lag auf den Unterschieden zwischen der einfach und der doppelt wirkenden EHR bezüglich des Einzugsverhaltens und der Tiefenregelung bei inhomogenen Bodenverhältnissen. Es konnte nachgewiesen werden, dass die Arbeitstiefe bei der EHR-dw für einen Grubber und eine Kurzscheibenegge beim Einzug nach einer kürzeren Wegstrecke erreicht werden können als beim einfach wirkenden System. Bei der Bearbeitung inhomogenen Bodens zeigte sich, dass die EHR-dw schneller in die Tiefe regelt, dass die EHR-ew jedoch schneller in entgegen gesetzte Richtung regelt [24].

Um den Fahrer bei Frontladerarbeiten zu entlasten, haben John Deere und Fendt Assistenzsysteme entwickelt, die automatisiert festgelegte Arbeitspositionen anfahren können, über integrierte Wiegeeinrichtungen sowie über eine Arbeitsraumbegrenzung verfügen. Mit Hilfe von Sensoren an Schwinge und Werkzeugzylinder kann die exakte Ausrichtung der Frontladerkinematik berechnet werden. Mit dieser Information lassen sich feste Positionen des Frontladers speichern und reproduzierbar anfahren. Die Wiegeeinrichtungen ermitteln die Masse der einzelnen Schaufelladungen wie auch die Gesamt- und Zielmassen, welche kontrolliert und dokumentiert werden. Dafür wird die Traktorneigung sensorisch erfasst und mit den Daten über die aktuelle Frontladerposition und den Drücken in den Schwingen- und Werkzeugzylindern fusioniert. Daraus lässt sich die Gewichtskraft in der Schaufel ableiten. Durch eine exakte Parallelführung der Laderwerkzeuge während des Hubvorgangs, wird der Fahrer von etwaigen Korrekturarbeiten entlastet [9].

Bei Traktorlenkungen handelt es sich überwiegend um mechanisch-hydraulische Systeme mit Fremdkraftunterstützung durch die Traktorhydraulik. Bei Ausfall der hydraulischen Leistungsversorgung ist die Lenkbarkeit durch ein Orbitrol gegeben. Im Gegensatz dazu werden weiterhin Steer-by-Wire-Konzepte vorgestellt, die eine Trennung der mechanisch-hydraulischen Verbindung der Lenkachsen vom Lenkrad vorsehen, wodurch beliebige Lenkstrategien umgesetzt werden können. Möglich sind fahrsituationsbezogene Übersetzungsänderungen sowie die einfachere Integration in autonome Fahrkonzepte. Die Primärversorgung erfolgt via Proportional-Wegeventile vom Traktorhydrauliksystem. Das Sicherheitskonzept umfasst die obligatorische Notversorgung bei Ausfall der Versorgung mittels einer radgetriebenen Pumpe oder Speichereinheit, welche zyklisch über eine Ladeschaltung versorgt wird. Zusätzlich werden permanent die Stellsignale des Lenkrades, die Ventilbestromung und die Zylinderauslenkung miteinander kontrolliert [9].

### **Druckflüssigkeiten**

Hydraulikfluide tragen entscheidend unter anderem zur Dynamik und Präzision, zur Energieeffizienz hydraulischer Systeme bei und beeinflussen deren Umweltverträglichkeit. Einen wesentlichen Einfluss auf die Systemdynamik haben Kompressibilität, Dichte und Viskosität des Öls. Durch Haas und Karjalainen wurden Arbeiten zur Ermittlung dieser Eigenschaften von Hydraulikölen vorgestellt [25 bis 26]. Wegen der Temperaturabhängigkeit der Ölviskosität und damit beispielsweise der Druckverluste an Drosselstellen ist es bei Simulationen hydraulischer Systeme auch von Interesse, die Wärmeentstehung und Wärmeleitung innerhalb des Systems zu berücksichtigen. Zu diesem Zwecke wurden am IFAS der RWTH Aachen thermo-hydraulische massenkonservative Simulationen durchgeführt, bei denen von der sonst üblichen Betrachtung von Volumenströmen auf Massenströme übergegangen wurde [27]. Für die dabei nötige Berücksichtigung der Dichte ist die Kenntnis von Dichte-Temperatur und Dichte-Druck Relationen von entscheidender Bedeutung.

### **Zusammenfassung**

Drei wesentliche Trends können zusammenfassend herausgestellt werden. Zum einen wird versucht, den Durchsatz und die Arbeitsqualität der Maschinen zu erhöhen. Dies geschieht beispielsweise durch höhere Volumenströme an der Arbeitshydraulik von Traktoren, die Steigerung der Leistungsdichte von Komponenten, die Erweiterungen der elektrohydraulischen Hubwerksverstellung oder die bessere Abstimmung zwischen Traktor und Arbeitsgerät. Eng mit der Leistungssteigerung verknüpft ist der zweite Trend, das Streben nach höherer Energieeffizienz. Beispiele dafür sind die weitere Verbreitung von LS-Systemen in geringere Leistungsklassen oder die Minimierung des Druckabfalls über Schnellkuppler. Ebenso trägt die Reduzierung von Planschverlusten zu effizienteren Hydrostaten bei. Die Innovationen auf dem Gebiet der Geräuschemissionen und der geräuscharmen Hydraulik können dem dritten Trend, der Steigerung des Komforts von Maschinen, zugerechnet werden. Zur Fahrerentlastung wurden bspw. für Frontladerarbeiten diverse Assistenzsysteme vorgestellt.

## Literatur

- [ 1] Rauen, H.: Zukunftsstarke Fluidtechnik. O+P Konstruktions-Jahrbuch 2011/12 36 (2011), S. 6-10.
- [ 2] Wiechers, R.: Im Übergang. In: Mitgliederversammlung Forschungsfonds Fluidtechnik 21.06.2012 Frankfurt/Main.
- [ 3] Graf, F.: Landtechnik auf der Sonnenseite. Fluid Markt Jahreseinkaufsführer 2012 (2011), S. 58-63
- [ 4] -, -: Traktoren 2011/2012. dlz agrarmagazin Traktoren 2012 (2012), S. 44-115.
- [ 5] Fedde, T.: Hydrauliksteuerungen auf gezogenen Geräten. Mobile Maschinen 4 (2011) H. 3, S. 22-24.
- [ 6] Dengler, P.: Zwischen den Drücken lesen. O+P 55 (2011) H. 1-2, S. 24-27.
- [ 7] Grösbrink, B.: Load-Sensing System mit adaptiver Pumpenregelung. Aachen: Shaker Verlag 2011.
- [ 8] Göhler, O-C: Für gezogene Arbeitsmaschinen und Anbaugeräte. Fluid (2010) H. 1-2, S. 34-35.
- [ 9] Hartmann, K., Jünemann, D., Kemper, S., Robert, M., Roos, L., Schattenberg, J. und Untch, J.: Trends bei Landmaschinen und Traktoren – Beobachtungen anlässlich der Agritechnica 2011. O+P 56 (2012) H. 1-2, S. 33-37.
- [ 10] Maier, J.: New Variable Pump for Economical Load-Sensing in Small Tractors. VDI-MEG Tagung Landtechnik 11./12.11.2011 Hannover. In: VDI-Berichte 2124, S. 401-408. Düsseldorf: VDI-Verlag 2011.
- [11] Welschof, B.: Ressourcenschonende Energieeffizienz – Elektronik und Hydraulik – ein starkes Team. O+P 55 (2011) H. 5, S. 192-195.
- [12] -, -: Druckerhöhung erlaubt mehr Fahrleistung und Downsizing von Antrieben. O+P Report 2011/2012 (2011), S. 16.
- [13] Hartmann K., Harms, H.-H. und Lang, T.: A Model-Based Approach to Optimize the Noise Harmonics of Internal Gear Pumps by Reducing the Pressure Pulsation. In: 8<sup>th</sup> International Fluid Power Conference Dresden “Fluid Power Drives”, Dresdner Verein zur Förderung der Fluidtechnik e.V. Dresden Vol. 1, Dresden 2012, S. 95-106.
- [14] Seeniraj, G. K. und Ivantysynova, M.: A Multi-Parameter Multi-Objective Approach to Reduce Pump-Noise Generation. International Journal of Fluid Power 12 (2011) H.1, S. 7-17.
- [15] Klop, R. und Ivantysynova, M.: Investigation of Noise Sources on a Series Hybrid Transmission. International Journal of Fluid Power 12 (2011) H.3, S. 17-30.
- [16] -, -: NRS – Noise Reduction System. O+P 55 (2011) H. 10, S. 392-393.
- [17] Lätzel, M. und Schwuchow, D.: An innovative external gear pump for low noise applications. In: 8<sup>th</sup> International Fluid Power Conference Dresden “Fluid Power Drives”, Dresdner Verein zur Förderung der Fluidtechnik e.V. Dresden Vol. 3, Dresden 2012, S. 357-371.

- [18] Meja, F. und Jachnick, M.: First Hydrostatic Compact Unit Combining Swash-Plate and Bent-Axis Design for Higher Efficiency and Reduced Size. VDI-MEG Tagung Landtechnik 11./12.11.2011 Hannover. In: VDI-Berichte 2124, S. 393-399. Düsseldorf: VDI-Verlag 2011.
- [19] -, -: Ausgezeichnet arbeiten - Hydrostatische Kompakteinheit für preisgekröntes Traktorgetriebe. Mobile Maschinen 4 (2011) H. 4, S. 22-28.
- [20] Fleczonek, T., Kemper, S., Untch, J. und Frerichs, L.: Effizienz durch Teilstufenlosigkeit – Idee für ein Radladergetriebekonzept. Mobile Maschinen 5 (2012) H. 2, S. 26-28.
- [21] Aitzetmüller, H.: Hydrostatisch-mechanisches Leistungsverzweigungsgetriebe VTP. VDI-MEG Tagung Landtechnik 27./28.10.2010 Braunschweig. In: VDI-Berichte 2111, S. 385-390. Düsseldorf: VDI-Verlag 2010.
- [22] Rahmfeld, R., Marsch, S., Göllner, W., Lang, T., Dopichay, T., Untch, J.: Efficiency Potential of Dry Case Operation for Bent-Axis Motors. In: 8<sup>th</sup> International Fluid Power Conference Dresden "Fluid Power Drives", Dresdner Verein zur Förderung der Fluidtechnik e.V. Dresden Vol. 2, Dresden 2012, S. 73-86.
- [23] Anthony, A., Casoli, P., Vacca, A.: Analysis of a tractor rear hitch control system. In: 6<sup>th</sup> FPNI – PhD Symposium West Lafayette (2010) Vol. 2, S. 589-602.
- [24] Weisbrodt, J., Köller, K.-H.: Vergleich von doppelt und einfach wirkender EHR in der Bodenbearbeitung. LANDTECHNIK (2010) H. 5, S. 364-367
- [25] Haas, R., Manhartgruber, B.: Compressibility Measurements of hydraulic fluids in the low pressure range. In: 6<sup>th</sup> FPNI – PhD Symposium West Lafayette (2010) Vol. 2, S. 681-690.
- [26] Karjalainen, J.-P., Karjalainen, R., Huhtala, K., Vilenius, M.: Comparison of measured and predicted dynamic properties of different commercial hydraulic fluids. In: Proceedings of the 12<sup>th</sup> Scandinavian International Conference on Fluid Power, Tampere, Finland, 2011. file: cr1009.pdf.
- [27] Riedel, Ch., Siebert, Ch., von Grabe, Ch., Stammen, Ch., Murrenhoff, H.: Optimierung der Systemsimulation durch Massenströme. O+P 55 (2011) H. 5, S. 202-207.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 17.09.2012

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Roos, Lennart; Untch, Johannes: Traktorhydraulik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-10

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043442>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/74.html>

---

## **Fahrdynamik – Fahrsicherheit – Fahrerplatz**

Henning Jürgen Meyer, Jan Krüger,  
Technische Universität Berlin

### **Kurzfassung**

Systeme zur Beeinflussung von sicherheits- und komfortrelevanten Schwingungen sind weiterhin Gegenstand intensiver Forschung. Je spezieller die Anforderungen an die Fahrzeuge werden, so z.B. der Wunsch nach größeren Transportgeschwindigkeiten, desto komplexere Systeme finden Anwendung. Neben den bekannten Systemen wie Fahrwerks-, Kabinen- und Sitzfederung ist der Trend zu Systemen zu beobachten, die das gesamte Gespann aus Traktor und Anhänger betrachten.

### **Schlüsselwörter**

Fahrsicherheit, Fahrwerk, Sicherheitssystem, Traktor, Fahrersitz, Fahrzeugkabine

## **Ride Dynamics – Ride Safety – Driver's Place**

Henning Jürgen Meyer, Jan Krüger,  
Technische Universität Berlin

### **Abstract**

Systems influencing vibrations with regard to safety and comfort issues are still in the focus of current research. Specialized demands like high transportation velocities can only be fulfilled by using more complex systems. Next to the known full-, cabin- and seat suspension a tendency towards systems, that take the entire tractor/trailer combination into account, can be seen.

### **Keywords**

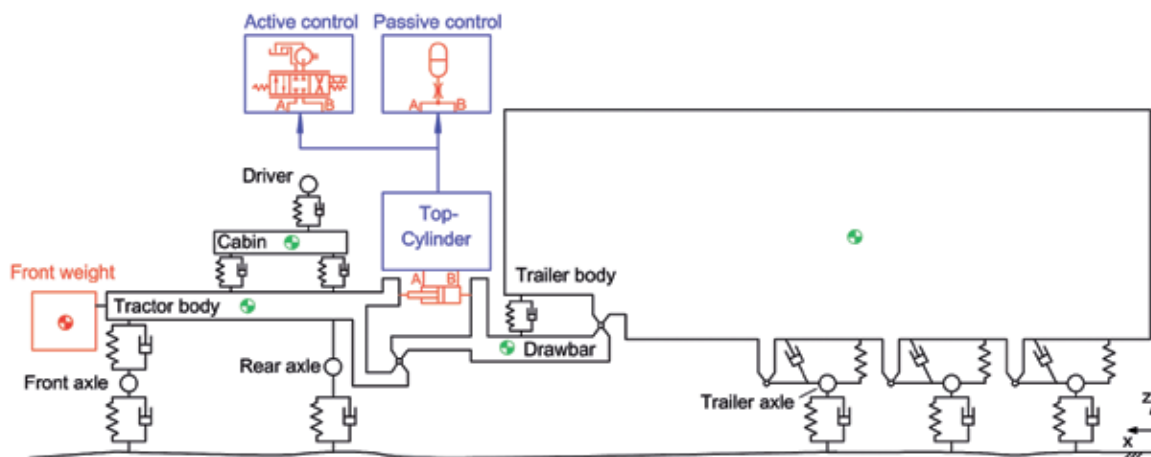
ride safety, suspension, safety system, farm tractor, driver's seat, vehicle cab



## Fahrwerk

Der Trend hin zur Vollfederung bei Spezialtraktoren, zeigte sich auf der Agritechnica 2011. JCB stellte hier den JCB Fastrac 8310 [1] vor, der Geschwindigkeiten bis 70 km/h erreicht und führt damit die Reihe der vollgefederten schnellfahrenden Schlepper fort. Die Firma Rigitrac Traktorenbau AG zeigte den vierradgelenkten Traktor Rigitrac EWD 120 [2], mit hydropneumatisch gefederter Einzelradaufhängung, der in Zusammenarbeit mit der TU-Dresden und der EAAT GmbH Chemnitz entwickelt wurde. Der Einsatz von Nabenantrieben in den Rädern führt in der Regel zur Erhöhung der ungefederten Massen und somit zu erhöhten Anforderungen an das Fahrwerk, um für ausreichend Komfort und Sicherheit zu sorgen. Die bereits 2009 auf der Agritechnica vorgestellte Challenger RoGator Feldspritze ist ebenfalls mit einem vollgefederten hydropneumatischen Fahrwerk ausgerüstet [3]. Dieses ist adaptiv geregelt und ermöglicht außerdem eine Niveauregulierung.

Eine Dissertation der TU-Berlin [4] untersucht die Eigenschaften eines semi-aktiv geregelten Vollfahrwerks an einem Systemtraktor. Die Ergebnisse zeigen die deutlichen Vorteile eines solchen Systems gegenüber passiven hydropneumatischen Federungen. Einen anderen Ansatz der Schwingungsbeeinflussung verfolgen Marx. et al. [5]. Oberhalb der Standarddeichselverbindung zwischen Traktor und Anhänger wird ein sog. Topzylinder eingebaut (Bild 1). Dieser kann die Nickschwingung des Traktors beeinflussen indem er diesen am Anhänger abstützt. Erste Simulationsergebnisse, die durch praktische Versuche bestätigt wurden, zeigen bei Straßenfahrt eine zwischen drei- und fünfzehnprozentige Reduktion der Beschleunigungen am Fahrersitz. Weiterer Vorteil ist die Einsparung des Frontgewichts.



**Bild 1:** Vereinfachtes, ebenes Schwingungsersatzmodell eines Traktorgespans mit Starrdeichselverbindung und Topzylinder [5]

**Figure 1:** Simplified, two-dimensional vibration model of a tractor-trailer combination with fixed drawbar and top cylinder

Ein hydropneumatisches Federungssystem setzt auch das smartCHASSIS ein, welches von Bergmann und der FH Osnabrück entwickelt wurde. Hier wird der Anhänger an Achsen und

Deichsel mit diesem System versehen, um so im Zusammenspiel mit Sensoren für Druck, Neigung, Beschleunigung und Winkel die Fahrwerkseinstellungen ständig den Gegebenheiten anzupassen. Neben einer Wankstabilisierung hat das System laut Bergmann auch einen positiven Einfluss auf die Traktion sowie die Bodenverdichtung [6].

Die Reifen als wichtiges Federelement stehen weiterhin im Fokus der Forschungsarbeit von Schulze Zumkley et al. [7]. Er untersucht die Eigenschaften großer Traktorreifen direkt im Fahrversuch statt wie bisher auf Reifenprüfständen und auch die Weiterentwicklung von theoretischen Reifenmodellen wird weitergetrieben [8], [9].

### **Sicherheitssysteme**

Mit Ausnahme des Antiblockiersystems (ABS), welches einige Hersteller für ihre Traktoren anbieten, sind die aus dem PKW bekannten Sicherheitssysteme wie elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP), Bremsassistent und ähnliche Systeme für Traktoren weiterhin nicht verfügbar. Die passiven Sicherheitssysteme sind auf Überrollschutz und Sicherheitsgurt beschränkt. Airbags werden auch für schnell fahrende Maschinen nicht angeboten [10].

Sicherheitstechnische Neuerungen sind vor allem auf dem Gebiet der Sicherheit von Gespannen zu vermerken. Mit dem von Knorr Bremse vorgestellten System können die Aufschubkräfte an der Deichsel reduziert werden. So wird dazu beigetragen, dass das Gespann sich stabilisiert. Dies ist insbesondere hinsichtlich einer gestiegenen Motorleistung in Kombination mit Getriebevarianten, die ein starkes Abbremsen der Zugmaschine mittels Antriebstrang ermöglichen, interessant. Da bei dieser Geschwindigkeitsverringerung die Bremsen nicht betätigt werden, droht die Gefahr eines Schrägstellens des Anhängers. Das System kann ohne Modifikation des Anhängers am Traktor installiert werden und berechnet mittels der aktuellen Fahrgeschwindigkeit, der Beschleunigung sowie weiteren Parametern von Getriebe- und Motorsteuergerät, mit denen es per CAN-Bus verbunden ist, die Kontaktkräfte an der Schnittstelle zwischen Traktor und Anhänger. So kann der Anhänger in Gefahrensituationen gezielt abgebremst werden [11]. Ähnliche Systeme stellten New Holland [12] sowie die Tietjen GmbH [13] auf der Agritechnica 2011 vor.

Auch das Elektronische BremsSystem (EBS) mit Roll-Stabilitäts-System (RSS) von Krone dient dazu die Sicherheit des Gespanns zu verbessern und ein Kippen des Ladewagens zu verhindern [14]. Dazu werden die Querschleunigung sowie die Raddrehzahlen am Anhänger gemessen. Kommt das Gespann bei Kurvenfahrt in eine potenziell kritische Situation, bei der die kurveninneren Räder des Ladewagens abzuheben drohen, wird eine Testbremsung durchgeführt. Daraus kann bei geringem Bodenkontakt und stillstehenden kurveninneren Rädern auf ein bevorstehendes Kippen geschlossen werden. Das Gespann wird dann über den Ladewagen abgebremst und gelangt so wieder in einen sicheren Fahrzustand.

Die Firma KL-Maschinenbau stellte mit der Frontzapfwellenbremse eine dritte unabhängige Bremse vor, die dazu dient, die Fahrzeugbremse zu entlasten und so besonders bei Bergabfahrten dafür zu sorgen, dass diese nicht heiß wird. Die Bremskraft wird dabei über eine Wirbelstrombremse erzeugt und kann in Stufen eingestellt werden [15].

Seitens der EU werden mit der Richtlinie 2010/52/EU zusätzliche Anforderungen an Traktoren definiert, um diese aus dem Geltungsbereich der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG auszunehmen. Änderungen betreffen unter anderem die Themen Schutzvorrichtungen, Geräuschpegel und das Schwingungsverhalten [16].

Gravalos et al. beschreiben in [17] ihre Untersuchungsergebnisse zur Traktorstabilität bei Hangfahrten in Abhängigkeit von der Hinterachsweite auf einen speziellen Versuchsstand. Für die Fahrsituation der Fahrt am Hang wird von Ahmadi ein entsprechendes Modell für das seitliche Überschlagen in [18] entwickelt und erklärt. In diesem Modell wird neben der Fahrgeschwindigkeit auch der Neigungswinkel, der Rad-Boden-Reibungskoeffizient und die Störung der Position durch Hindernisse integriert.

### **Fahrerplatz**

Neuentwicklungen und neue Forschungsergebnisse hinsichtlich eines gesteigerten Wohlbefindens des Fahrers sind weiterhin zu beobachten. John Deere stellte dazu eine verbesserte Kabinenfederung vor. Diese arbeitet semi-aktiv mit Hilfe von hydropneumatischen Elementen und ermöglicht es, durch gesteigerten Fahrkomfort, die nach EU-Richtlinie 2002/44/EC [19] angegebenen Expositionszeiten im Fahrzeug zu verlängern. Im Vergleich zur herkömmlichen Kabinenfederung kann so der Fahrer über 4 Stunden länger mit dem Fahrzeug arbeiten, ohne die Expositionszeiten zu überschreiten [20].

Verbessert hat John Deere außerdem den Fahrersitz. Der Active Seat II kann im Vergleich zu seinem Vorgänger, welcher mit hydraulischer Energie gespeist wurde, die Schwingungseigenschaften nochmals verbessern. Verringerte Ansprechzeiten sorgen laut Hersteller für einen um 10 Prozent verbesserten Komfort, während die benötigte Energie um 90 Prozent verringert werden konnte. Das System kann auch auf anderen Maschinen verbaut werden [21].

Die Fahrzeugkabine ist weiterhin Gegenstand aktueller Forschungen. So bewerten Ferrari et al. [22] mit Hilfe von Fahrversuchen durch Testfahrer die sicherheits- und komfortrelevanten Einflüsse auf den Fahrer an seinem Arbeitsplatz. Dabei werden neben objektiven Merkmalen vor allem die subjektiven Eindrücke der Testfahrer analysiert. Untersuchte Kriterien sind unter anderem die Zugänglichkeit von Kabine und Fahrersitz, die Geräusch- und Vibrationsbelastung, die Übersicht, die gefühlte Sicherheit sowie die Anordnung und Bedienbarkeit der Bedienelemente und Anzeigen. Der Einfluss von Lenkbewegungen auf die Wankbewegungen von gefederten Kabinen wird in [23] untersucht. Zur Reduktion der auf den Fahrer einwirkenden Vibrationen sind insbesondere bei Traktoren in einer Leistungsklasse über 100 kW weitere Maßnahmen im Bereich der Kabinenfederung erforderlich, so die Autoren.

Auf der Agritechnica wurde mit der Visio Plus Kabine von Fendt eine überarbeitete Fahrerkabine für den kompakten Großtraktor Fendt 700 Vario vorgestellt, die die Übersichtlichkeit und das Raumangebot besonders bei Arbeiten mit dem Frontlader

verbessert. Weiterhin wurde besonders auf eine ergonomische Anordnung der Bedienelemente geachtet [24].

### **Zusammenfassung**

Aktuelle Forschungs- und die Entwicklungsarbeiten von Forschungseinrichtungen und Herstellern beschäftigen sich weiterhin mit verschiedensten Ansätzen zur Verbesserung der Sicherheit und des Komforts im Bereich der Traktoren. Insbesondere im Zusammenspiel mit dem Anhänger sind neue Entwicklungen hervorzuheben. Damit reagieren die Verantwortlichen auf Tendenzen wie die erhöhte Fahrtgeschwindigkeit, die für Transportfahrten notwendig ist. Auch die Elektrifizierung in der Landwirtschaft stellt neue Herausforderungen für die Entwicklung von Fahrwerks- und Sicherheitssystemen.

## **Literatur**

- [1] Wilmer, H.: Der schnellste Stufenlose. profi 23 H.10 S.30-33 (2011)
- [2] Böhrnsen, A.: Vier E-Motoren treiben die Räder an. profi 23 H.12 S.158-159 (2011)
- [3] Zatrieb, J.; Käsler, R.; Hiddema, J.: Optimiertes Lenkgefühl - Hydropneumatisches Federungssystem - Fluid Markt 2011 [<http://www.konstruktion.de/branchen/mobile-maschinen/hydropneumatische-federung-bei-landmaschinen/>]
- [4] Hammes, S.: Entwicklung eines semi-aktiven Federungssystems für hydropneumatisch vollgefederte Traktoren. Dissertation Technische Universität Berlin (2011)
- [5] Marx, B.; Johanning, B.; Böttinger, S.: Nickschwingungstilgung durch Topzylinder. Landtechnik 67 H.3 S.191-195 (2012)
- [6] smartChassis - Intelligenz im Fahrwerk setzt neue Maßstäbe. agrarheute.com <http://www.agrarheute.com/bergmann-smartchassis> (24.07.2011)
- [7] Schulze Zumkley H.; Böttinger S.: Identifikation der Seitenkraft-Schräglaufwinkel-Kennlinie aus Fahrversuchen mit einem Ackerschlepper. Landtechnik 65 H.6 S.426-427 (2010)
- [8] Witzel, P., Schulze Zumkley H.; Böttinger, S.: Hindernisüberfahrt mit dem Hohenheimer Reifenmodell. Landtechnik 66 H.1 S. 64-66 (2011)
- [9] Witzel P.; Böttinger S.: Erweiterung des Hohenheimer Reifenmodells zu einem Radialmodell, Landtechnik 66 H.2 S. 144-146 (2011)
- [10] Behl, T. et al.: Personenschadenunfälle mit landwirtschaftlichen Zugmaschinen. Forschungsbericht Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (2011)
- [11] Buchner, H.; Mederer, M.; Wimmer, A.: Improved driving stability of an agricultural tractor-trailer combination. VDI-Tagungsband LAND. TECHNIK AgEng (2011)
- [12] Intelligentes Anhängerbremsystem; Pressemitteilung New Holland Agriculture; [http://www.agritechnica.newholland.com/intelligent\\_trailer\\_braking\\_system/news-detail\\_de\\_301601.aspx](http://www.agritechnica.newholland.com/intelligent_trailer_braking_system/news-detail_de_301601.aspx) (30.07.2012)
- [13] Dynamic Impulse Brake System, Pressemitteilung Tietjen GmbH <http://www.tietjengmbh.de/en/header/news/tietjen-newsletter/en/newsletter-01-2011.html> (18.07.2012)
- [14] Bensing, T.; Feinschliff am Flaggschiff; profi 23 H.9 S.38-40 (2011)
- [15] KL-Maschinenbau Frontec Zusatzbremse. <http://www.kl-maschinenbau.de/frontec.html> / bzw. profi: <http://www.profi.de/neuheiten/Mit-Bremse-ins-Tal-hinab-874870.html> (26.07.2012)
- [16] Richtlinie 2010/52/EU der Kommission zur Änderung der Richtlinie 76/763/EWG des Rates über die Beifahrersitze von land- oder forstwirtschaftlichen Zugmaschinen auf Rädern und der Richtlinie 2009/144/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über bestimmte Bauteile und Merkmale von land- oder forstwirtschaftlichen Zugmaschinen auf Rädern zwecks Anpassung der technischen Vorschriften dieser

- Richtlinien Amtsblatt der Europäischen Union vom 13.8.2010 L 231/37 - L231/42 (2010)
- [17] Gravalos, I.; Gialamas, T.; Loutridis, S.; Moshou, D.; Kateris, D.; Xyradakis, P.; Tsiropoulos, Z.: An experimental study on the impact of the reartrack width on the stability of agricultural tractors using a test bench. Journal of Terramechanics 48 S. 319 - 323 (2011)
- [18] Ahmadi, I.: Dynamics of lateral overturn on slopes under the influence of position disturbances (model development). Journal of Terramechanics 48 S. 339 - 346 (2011)
- [19] Richtlinie 2002/44/EG des Europäischen Parlaments und Rates vom 25. Juni 2002 über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen) (16. Einzelrichtlinie im Sinne des Artikels 16 Absatz 1 der Richtlinie 89/391/EWG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften vom 6.7.2002, L 177/13 – L 177/19 (2002)
- [20] von Holst, C.: Improving Operators Vibration Insulation by Intelligent Semi-Active Cab Suspension. VDI-Tagungsband LAND. TECHNIK AgEng (2011)
- [21] John Deere Active Seat II; Pressemitteilung John Deere International GmbH  
[http://www.deere.com/wps/dcom/en\\_INT/our\\_company/news\\_and\\_media/press\\_releases/2011/nov/silver\\_medals.page](http://www.deere.com/wps/dcom/en_INT/our_company/news_and_media/press_releases/2011/nov/silver_medals.page) (30.07.2012)
- [22] Ferrari, E.; Cavallo E.: Experimental assessment of safety and comfort of operator's workplace using subjective and objective measurements on two models of tractor. Proceedings International Conference on Agricultural Engineering AgEng (2010)
- [23] Mattetti, M. et al.: Frequency roll response of farm tractors' cabs. Proceedings International Conference on Agricultural Engineering AgEng (2010)
- [24] Stieglitz, A.; Barzen, A.: Development Process of a New Generation of Tractor Cab. VDI-Tagungsband LAND. TECHNIK AgEng (2011)

#### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

##### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Meyer, Henning Jürgen; Krüger, Jan: Fahrdynamik – Fahrsicherheit – Fahrerplatz. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-7

##### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043444>

##### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/75.html>



## **Bodenbearbeitungstechnik**

Thomas Herlitzius, André Grosa, Bruno Edler von der Planitz,  
Institut für Verarbeitungsmaschinen und mobile Arbeitsmaschinen (IVMA), Professur  
Agrarsystemtechnik, Dresden

### **Kurzfassung**

Der Markt für Bodenbearbeitungstechnik entwickelt sich weiterhin dynamisch. Wesentliche Forschungs- und Entwicklungsrichtungen sind die Anpassbarkeit der Maschinensysteme an vorherrschende Bodenbedingungen, die teilflächige und teilflächenspezifische Bodenbearbeitung sowie die Erhöhung des Verschleißschutzes der einzelnen Werkzeuge.

### **Schlüsselwörter**

Bodenbearbeitung, Streifenbearbeitung, teilflächenspezifische Bearbeitung,  
Werkzeugverschleiß

## **Tillage**

Thomas Herlitzius, André Grosa, Bruno Edler von der Planitz,  
Institut für Verarbeitungsmaschinen und mobile Arbeitsmaschinen (IVMA), Professur  
Agrarsystemtechnik, Dresden

### **Abstract**

The market for tillage technology is still developing in a dynamic way. Significant research and development trends are the adaptivity of machine systems to prevailing soil conditions, strip till and precision tillage and increasing the individual tools' wear resistance.

### **Keywords**

Tillage, strip till, precision tillage, tool wear

## Allgemein

Der europäische Markt für Bodenbearbeitungstechnik wuchs 2011 weiter dynamisch. Dieser Trend spiegelt sich auch in den deutschen Umsatzzahlen wider. So wurden gegenüber 2010 ca. 16 % mehr Maschinen und Geräte verkauft (Bild 1). Bodenbearbeitungs- und Sätechnik haben dabei jeweils Anteile von etwa 5 % am Gesamtvolumen der verkauften Landtechnik. Vor allem Technik zur konservierenden Bodenbearbeitung, wie Kurzscheibeneggen und Grubber wurden nachgefragt. Aber auch Pflüge konnten ihre Marktstellung behalten.

Ab Mitte 2012 erwartet der VDMA eine leichte Abschwächung des Wachstums. Der Ausblick in die Zukunft fällt aufgrund der zu erwartenden Investitionen, vor allem aus Russland und Asien, aber weiterhin positiv aus [1; 2].

Laut einer Umfrage unter deutschen Landwirten planen 18 % der Befragten für 2012 in Technik zur Bodenbearbeitung zu investieren [3].

<b>Markt für Bodenbearbeitungs- und Bestelltechnik in Deutschland</b> <i>Volume of sales for tillage and seeding machines in Germany</i>				
	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>Trend*</b>
<b>Maschinenart</b>	<b>Machine</b>			
Gesamt <i>Summary</i>	3,950	3,870	4,760	26,3 %
Bodenbearbeitung <i>Tillage</i>	0,185	0,171	0,199	16,0 %
Säen, Düngen, Pflanzenschutz <i>Sowing, Fertilizing, Plant protection</i>	0,179	0,170	0,197	15,8 %
* Veränderung zum Vorjahr / <i>Change to the preceding year</i>				
Quelle: Statistisches Bundesamt, VDMA		Werte in Mrd. €	Values in Bn. €	

**Bild 1:** Marktentwicklung für Bodenbearbeitungs- und Bestelltechnik in Deutschland [1]

**Figure 1:** Market volume of tillage and seeding machines in Germany [1]

## Bearbeitung von Teilflächen, Strip-Till

Die Arbeitserledigungskosten sind trotz der Rationalisierungsmaßnahmen der letzten Jahre immer noch einer der größten Kostenfaktoren in den landwirtschaftlichen Produktionsverfahren [4].

Im Bereich der konservierenden, nicht wendenden Bodenbearbeitung können die Verfahrenskosten durch eine teilflächige Streifenbearbeitung (Strip-Till) reduziert werden.

Da beim Strip-Till nur etwa 50 % der Fläche bearbeitet werden, wird dieser Technik ein hohes Einsparpotenzial für Kraftstoff und eine deutliche Schlagkraftherhöhung zugeschrieben. Gleichzeitig wird der Boden in den bearbeiteten Streifen intensiv gelockert und soll sich ähnlich schnell erwärmen wie bei ganzflächiger Bearbeitung. Die Geräte können in zwei Bauformen unterteilt werden, denen verschiedene Prinzipien zugrunde liegen. Zinkenmaschinen besitzen Einzelwerkzeuge in Form von Grubberzinken, die üblicherweise

ein Meißel- oder Schmalschar mit dahinterliegender Saat- und Düngerleitung tragen [5; 6]. Geräte mit Scheibensechen und nachfolgenden Räumwerkzeugen schneiden in die Mulchauflage und fördern Pflanzenmaterial aus dem Arbeitsbereich, bevor der Boden durch einen Zinken gelockert wird. Auch in diesem Falle können hinter dem Zinken Dünger und teils Saatgut in definierte Horizonte abgelegt werden. Neben dem Zinken laufen Scheibenwerkzeuge, die den aufgeworfenen Boden abfangen und wieder im Arbeitsbereich ablegen. Dort erfolgt dann eine Rückverdichtung durch eine nachlaufende Andruckrolle. Anders als bei den Zinkengeräten wird bei der scheibenbasierten Technik kaum Boden auf die unbearbeiteten Streifen geworfen. Außerdem erfolgt bei dieser Variante die Aussaat vorteilhaft in einem separaten Arbeitsgang [7].



**Bild 2:** Anordnung von Scheibenwerkzeugen mit Düngerschar zur Streifenbearbeitung am Kuhn Striger [8]

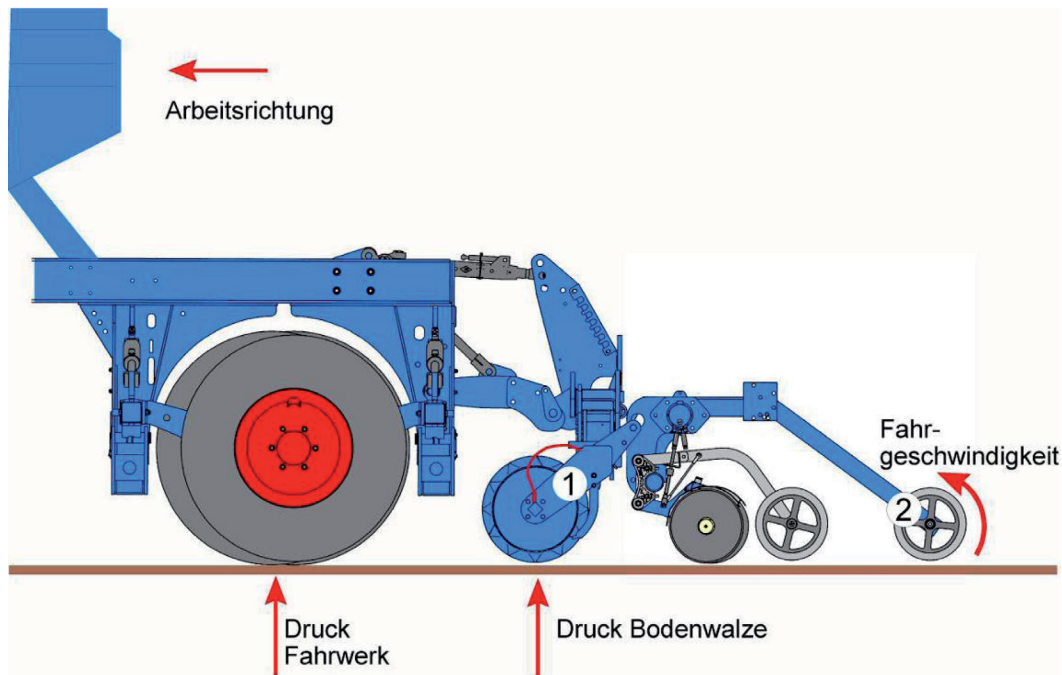
**Figure 2:** Arrangement of disc tools with a fertilizer blade for strip till technology, Kuhn striger [8]

In Europa trifft die Strip-Till Technologie neben veränderten Klimabedingungen auf ein fast doppelt so hohes Ertragsniveau, verglichen mit Nordamerika und damit auch auf größere Mulchauflagen. Dem Wunsch europäischer Kunden, auch Gülle mit in die Streifen einzuarbeiten, wurde bereits mit ersten Lösungen entsprochen (z. B. XTill Technologie der Fa. Vogelsang) [9].

### **Gerätesteuerung und ortsspezifische Bodenbearbeitung, Precision Farming**

Bei der ganzflächigen Bearbeitung werden aktuell Systeme vorgestellt, die online während der Feldarbeit Geräteeinstellungen ermöglichen. Dazu zählt die von Lemken gezeigte Walzen - Antischlupfregelung (ASR) für gezogene Bodenbearbeitungsgeräte. Das System soll vermeiden, dass die Nachlaufwalze im Bodenbearbeitungsgerät eine Bodenwelle vor sich aufschiebt. Dieser sogenannte Bulldozingeffect tritt vor allem bei leichteren Böden auf

und führt zu einem erhöhten Zugkraftbedarf. Außerdem sinkt die Rückverfestigungsleistung der Walze. Bei der ASR wird aus der sensorisch gemessenen Walzendrehzahl deren Umfangsgeschwindigkeit berechnet und mit der realen Arbeitsgeschwindigkeit verglichen. In Abhängigkeit vom errechneten Werkzeugschlupf kann nun die Walze entlastet werden. So wird hydraulisch Druck von der Walze auf das Fahrwerk des Gerätes verlagert [10].



**Bild 3:** Schematische Darstellung Bestellkombination mit Fahrwerk und Bodenwalze, Sensor zur Erfassung der Bodenwalzendrehzahl (1) und Fahrgeschwindigkeit (2) [Lemken]

**Figure 3:** Trailed drill combination with measuring chassis and roller (1) pressure and impulse wheel measuring driving speed (2) [Lemken-antislip]

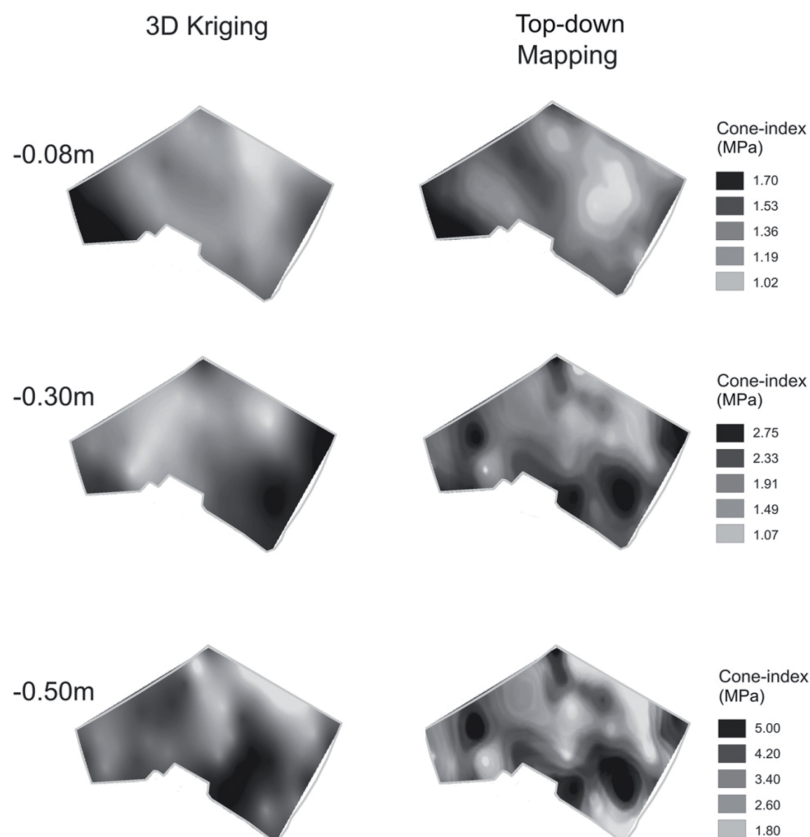
Auf der Sima 2011 wurde eine Saatbettkombination (Franquet) vorgestellt, bei dem die Arbeitstiefe der einzelnen Werkzeugsektionen Zinkenfeld, Planierschilder und Tandemwalzen von einem Steuermodul aus der Traktorkabine heraus, eingestellt werden können. Die Zinkenrahmen sind vorn und hinten jeweils mit Koppelgliedern parallel zum Hauptrahmen angelenkt. Über Winkelsensoren an den Koppelgliedern wird die Arbeitstiefe des Zinkenfeldes gemessen. Die Arbeitstiefeneinstellung erfolgt mit Hydraulikzylindern [10]. Die Vorgaben können ständig vom Traktor aus verändert werden, somit ergibt sich eine prinzipielle Eignung für teilflächenspezifische Saatbettbereitung.

Zur Gerätesteuerung auf der Basis von Boden- oder Bedeckungsparametern sind kontinuierlich arbeitende, funktionssichere Messsysteme für diese Parameter erforderlich.

Seit 2007 erforschen Mitarbeiter der Universitäten Kassel und Kiel in Kooperation mit der Firma Amazone das Potenzial eines online, standortspezifisch arbeitenden Bodenbearbeitungssystems. Der Grubber regelt die Arbeitstiefe in Abhängigkeit von verschiedenen Bodenparametern sowie der Bodenbedeckung durch Ernterückstände der Vorfrucht automatisch. Das Ziel ist eine im Hinblick auf Erosionsschutz, Feldaufgang und

Energieverbrauch optimierte teilflächenspezifische Bodenbearbeitung [11]. Der Bedeckungsgrad wird optisch mit einer schwarz/weiß Kamera im Traktor Frontanbau mit einem Aufnahmeabstand von ca. 1 m online erfasst. Die Parameter Bodenfeuchte und Textur wurden bei separater Überfahrt indirekt über die Bodenleitfähigkeit mit einem Messschlitten bis in eine Tiefe von 1,5 m erfasst. Mit zusätzlicher Nutzung der Ertragsdaten wurden durch Interpolation mithilfe der Geoinformationssoftware ArcGIS nach dem Verfahren „Ordinary Kriging“ georeferenzierte Karten als Basis für die Steuerung der Grubberarbeitstiefe erstellt.

Wichtiger Punkt bei allen online Verfahren ist die Echtzeitauswertung und -aufbereitung der Datensätze mit passfähigen statistischen Methoden. Hier wird am National Soil Resources Institute der Cranfield University (Großbritannien) an Verfahren zur dreidimensionalen Bodendichtekartierung geforscht [12]. Bei Dichtemessungen mit dem Penetrometer muss die Bodendichte für die Flächen zwischen den Messpunkten interpoliert werden. Eine heute übliche statistische Methode dazu ist das aus dem Bergbau stammende „3D Kriging“. Das vorgestellte, neue Verfahren „Top-Down-Mapping“ ermöglicht eine differenziertere Datenaufbereitung und damit präzisere 3D-Kartierungen.



**Bild 4:** Vergleich der 3D Kartierung mit dem Kriging Verfahren (links) und dem Top-Down-Mapping Verfahren (rechts) in 3 Ebenen

**Figure 4:** Comparison of various mapping methods, Results: 3D kriging (left) and the proposed mapping method (right) in 3 layers [12]



### **Konzepte zur Erhöhung der Verschleißfestigkeit**

Die Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit zur Steigerung der Flächenleistung führt zu einem progressiven Anstieg der Zugkraft, die mit Werkzeugbelastung und Verschleiß korreliert. Darin begründen sich die verstärkten Forderungen nach einem erhöhten Verschleißschutz von Bodenbearbeitungswerkzeugen.

Stand der Technik ist hier die Aufarbeitung von Werkzeugen durch Auftragsschweißen. Dazu werden bis zu mehreren Millimeter dicke metallische Matrixschichten mit eingelagerten Hartstoffen, wie z. B. Wolframkarbiden aufgebracht. Diese Dickschichttechnologie führt jedoch zum Verlust der Bauteilmaßhaltigkeit, insbesondere der Schneidengeometrie. Die damit verbundenen negativen Auswirkungen sind die Erhöhung des Zugkraftbedarfes oder ein schlechteres Einzugsverhalten des Gerätes. Das Verfahren wird aus diesen Gründen nur zur Aufarbeitung von Werkzeugen oder in der Baumaschinenbranche eingesetzt.

Dünnschichttechnologien, z.B. Laserhärten oder das Aufnitrieren, die nur Randschichten im Mikrometerbereich vergüten, sind für Bodenbearbeitungswerkzeuge aufgrund des hohen Abnutzungsgrades im Verschleißzyklus nicht geeignet. Dieses Konzept wird aktuell am Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik in Freiburg weiter verfolgt. Im Forschungsprojekt „RemBob“ (Reibungsminimierte Bodenbearbeitungsgeräte für die Landwirtschaft) werden auf Werkzeugflächen diamantähnliche, chemisch inerte Schichten (DLC) aufgebracht, ohne die Werkzeugform zu verändern. Diese sollen die Gleitreibung auf den Werkzeugflächen und den Verschleiß maßgeblich reduzieren. Entsprechend erhöht sich die Werkzeugstandzeit bei sinkendem Zugkraftbedarf [13].

Ein weiterer Ansatz ist das Aufbringen von Hartmetallen an besonders verschleißexponierten Werkzeugabschnitten, wie z. B. Schneidkanten oder Meißelspitzen. Dieses von Berg- und Tiefbauwerkzeugen bekannte Verfahren etablierte sich zunächst bei Meißelscharen (Direktsaat) und wird nun auch für Grubber- oder Pflugschare angeboten. Fertigungstechnische Herausforderung ist hierbei die dauerfeste Lötverbindung zwischen Hartmetall und Trägerstruktur, die auch Stoßbelastungen (Steine) schadfrei aufnehmen kann. Das wird durch Optimierung der Kombination von Härte (Hartmetallauftrag) und Zähigkeit der Tragstruktur (Schargrundkörper) erreicht. Diese Voraussetzung muss jedoch für den gesamten Lebenszyklus des Werkzeuges erfüllt bleiben. Dazu muss der Werkzeuggrundkörper für den Hartmetallbesatz konstruktiv angepasst werden. Durch Erhöhung der Bauteildicke wird der Grundkörper steifer und der Verschleißzyklus der Tragstruktur aus Stahl länger. Zum Reduzieren des Ausfallrisikos werden zudem die Hartmetallschneiden in kleinere Segmente unterteilt. Herkömmliche, federnde, frei stehende Strukturen (z. B. Flügelschare) sind für die Hartmetallapplikation problematisch. Lösungen der Firmen Betek (Bild 5) basieren auf einer kompletten Neugestaltung des Grubberschars [15]. Seit mehreren Jahren laufende Felduntersuchungen auf verschiedenen Standorten zeigen mögliche Standzeiterhöhungen auf das sechs- bis achtfache gegenüber herkömmlichen Scharen. Gerätebaureihen von mehreren namhaften Herstellern (z. B. Horsch, Väderstad, Kverneland u. a.) können bereits mit den Scharen ausgerüstet werden. Das Hartmetall – Scharsystem kostet in diesem Fall ca. das Fünffache der Standardlösung. Firmen wie z.B. Kennametal oder Agricarb applizieren die Hartmetallplatten auf Standard



Werkzeugformen. Gesicherte Untersuchungsergebnisse zu Standzeiten liegen hier jedoch noch nicht vor.

Der große Vorteil der Standzeiterhöhung kombiniert mit der langfristigen Formstabilität ermöglicht eine gleichbleibend definierte Werkzeugstellung über lange Einsatzzeiten. Das ermöglicht das Einhalten der Arbeitstiefen, Funktionssicherheit (Misch- und Krümelwirkung) und senkt die Nebenzeiten (Werkzeugwechsel).



**Bild 5:** Belastungsgerechte Konstruktion eines Grubberschares für die Hartmetallapplikation [BETEK, 15]

**Figure 5:** Stress optimized design of a cultivator share for the carbide metal application [BETEK, 15]

## **Literatur**

- [1] -, -: VDMA Landtechnik, 2012
- [2] -, -: Weltweit Umsatzwachstum erwartet. Eilbote Nr. 23/2012, S. 6, 2012
- [3] Holtmann, W.: Investitionspläne Landwirte. Profi 2/2012
- [4] Brückner, C.: Sinnvoll (ver)fahren, hilft sparen, Kostenüberblick zu ausgewählten Verfahren der Bodenbearbeitung. LFULG, 2008
- [5] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Horsch, 07/2012; [www.horsch.com](http://www.horsch.com)
- [6] -, -: Produktbroschüre des Unternehmens Köckerling, 2012
- [7] Demmel, M.: Streifenbodenbearbeitung / Strip-Tillage, eine Alternative für die Bestellung und Saat?!. LfL, 2011
- [8] Plischke, M.: Strip-Till im Maisanbau, Lohnunternehmen, Spezial; Strip-Till. 07/2011; S. 26 - 31
- [9] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Vogelsang, 07/2012; [www.vogelsang.com](http://www.vogelsang.com)
- [10] -, -: Internetauftritt des Unternehmens Franquet, 07/2012; [www.franquet.com](http://www.franquet.com)
- [11] Pforte, F.; Hensel, O.; Drücker, H.; Hartung, E.: Aufnahme der räumlichen Korrelation von Bodenparametern zur Entwicklung einer Präzisionsbodenbearbeitung. Landtechnik, S.422 ff., 2011
- [12] Veronesi, F.; Corstanje, R.; Mayr, T.: Mapping soil compaction in 3D with depth functions. Soil & Tillage Research 124, S.111-118, 2012
- [13] Meier, Dr. S.: Internetauftritt des Fraunhofer-Institutes für Werkstoffmechanik (IWM) Freiburg; RemBob, 07/2012, [www.iwm.fraunhofer.de](http://www.iwm.fraunhofer.de)
- [14] Renfert-Deitermann, D.: Die Härte allein macht es nicht!. Profi 04/2012, S.54 f., 2012
- [15] -, -: Internetauftritt des Unternehmens BETEK, 07/2012; [www.betek.de](http://www.betek.de)

## **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Herlitzius, Thomas; Grosa, André; Edler von der Planitz, Bruno: Bodenbearbeitungstechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-8

### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043445>

### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/105.html>

## **Sätechnik**

Christian Gall, Karlheinz Köller,  
Institut für Agrartechnik, Verfahrenstechnik in der Pflanzenproduktion,  
Universität Hohenheim.

### **Kurzfassung**

Um eine schlagkräftige Aussaat unter möglichst optimalen Bedingungen zu erzielen, ist leistungsstarke Technik gefragt. Bei der Arbeitsbreite sind Grenzen erkennbar. Die Arbeitsgeschwindigkeit ist das Thema bei den Neuentwicklungen der Einzelkornsämaschinen, dabei konnten Geschwindigkeiten bis zu 15 km/h bei vergleichbarer Ablagequalität erreicht werden. Die Mulchsaatfläche und damit auch der Marktanteil mulchsaatfähiger Maschinen nimmt weiter zu. Schardruckregelungen, Teilbreitenschaltung, elektrische Antriebe ("High Voltage"), ISOBUS-Kompatibilität und Tractor Implement Management (TIM), ("Gerät steuert Traktor"), sind aktuelle Themen bei den Herstellern.

### **Schlüsselwörter**

Drillsaat, Einzelkornsäat, Direktsaat, elektronische Steuerung und Überwachung

## **Seeding Technology**

Christian Gall, Karlheinz Köller,  
Institute of Agricultural Engineering, Process Engineering in Plant Production,  
University of Hohenheim

### **Abstract**

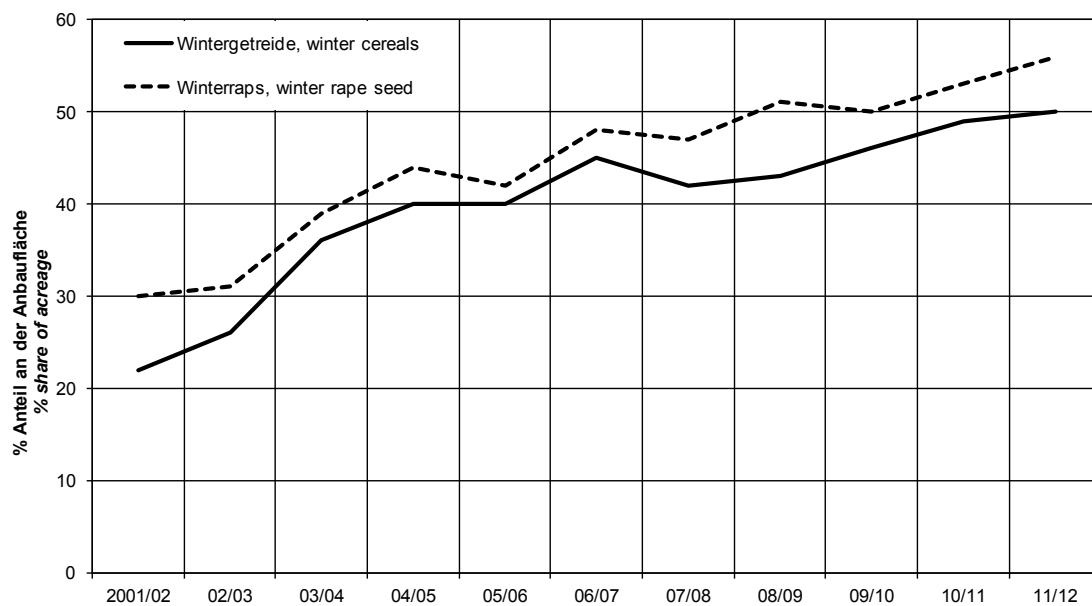
To achieve an effective seeding under optimum conditions high performance seeding technology is required. Limitations in working width are apparent. The operational speed is the issue with the new developments of precision seed drills. These newly developed machines can achieve operational speeds up to 15 km/h at a comparable seed placement quality. Conservation tillage and hence the market of these seed drills continues to increase. Coulter pressure regulation, section control, electrical drives ("High Voltage"), ISOBUS compatibility and Tractor Implement Management (TIM), ("implement controls the tractor") are current topics of the manufacturers.

### **Keywords**

Drilling, precision sowing, direct sowing, electronic control and monitoring

## Allgemein

Wie eine aktuelle Umfrage zeigt, wurde in Deutschland zur Saison 2011/12 erstmals 50 % des Wintergetreides pfluglos bestellt (**Bild 1**) [1]. Bei Winterraps waren es bereits 56 %. Bei den pfluglosen Bestellverfahren überwiegt zur Rapsbestellung die intensive Bodenbearbeitung was einer Lockerungstiefe ab 15 cm entspricht. Ab einer Betriebsgröße von 200 ha wird zu Wintergetreide überwiegend pfluglos gearbeitet. Allgemein hält der Trend zur pfluglosen Bodenbearbeitung an. Mulchsaatfähige Sätechnik gewinnt weiter an Bedeutung.



**Bild 1:** Pfluglos und konservierend bestellte Flächenanteile für Wintergetreide und Winterraps in Deutschland, geändert nach [1].

**Figure 1:** Share of acreage under ploughless and conservation tillage for winter cereals and rape seed in Germany, modified after [1].

Dieser Trend wurde bei der Agritechnica 2011 erneut bestätigt, bei der wieder die enorme Innovationskraft der Branche demonstriert wurde. Im Bereich Sätechnik wurden zwei Neuheiten durch die Expertenkommission der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG) mit einer Silbermedaille ausgezeichnet. Zudem haben etliche Hersteller neue Maschinen und Konzepte in der Sätechnik präsentieren. Der Trend zu größerer Schlagkraft hält ungebrochen an. Neben einer Vergrößerung der Arbeitsbreite kann dies durch eine Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit und der Bunkerkapazitäten realisiert werden. Dieser Ansatz wurde vor allem bei der Einzelkornsätechnik umgesetzt. Einen zweiten, fast schon gewichtigeren Trend, sind ständige neue Einsatzfelder für elektronische Steuerungen und Regelungen [2].

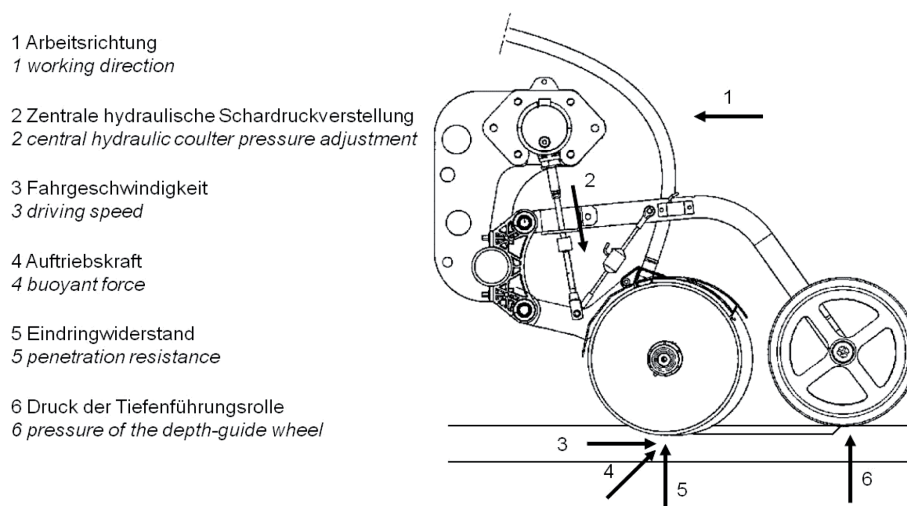
## Drillsaat

Die Drillmaschine gehört nach wie vor zur Grundausstattung der Ackerbaubetriebe. Oft in Kombination mit Bodenbearbeitungsgeräten zählt die Bestellkombination mit mechanischer Drillmaschine und 3 m Arbeitsbreite immer noch zu dem meist verkauften Sämaschinen in Deutschland und Europa [3]. Nennenswerte technische Neuerungen gab es bei diesem Maschinentyp im letzten Jahr nicht. Verständlich, da Neuentwicklungen sich immer auf den Maschinenpreis auswirken und diese Geräte deutlich preiswerter sind und auch weiterhin günstig bleiben sollen.

Größere Betriebe, Lohnunternehmer und Maschinengemeinschaften haben andere Ansprüche, hier sind Schlagkraft, Bedienkomfort und die Möglichkeit einer einfachen Dokumentation gefragt, denn die Einsatzfenster sind oft fruchtfolgebedingt kurz, die Kundenansprüche steigen und nicht zuletzt wächst die Betriebsgröße. Klar, dass die Neuentwicklungen auf diese Anforderungen abzielen. Die in den letzten Jahren immer beliebteren Universalsämaschinen stellen ab einer Arbeitsbreite von 6 m sehr hohe Anforderungen an die Zugkraft der Traktoren. Leichtzügige Solosämaschinen, die in absätzigen Bodenbearbeitungsverfahren eingesetzt werden, sind wieder im Kommen.

### *Automatische Schardruckregelung*

Die Saatguteinbettung und die Anpassung der Maschineneinstellungen an unterschiedliche Bodenbedingungen bestimmen die Innovationen im Bereich der Drillsaat. Nachdem bereits 2007 das Automatic Down Force (ADF) Control System von der Firma Baker No-tillage (BNT) vorgestellt wurde, präsentierte die Firma Lemken auf der Agritechnica 2011 ebenfalls eine automatische Schardruckregelung, diese wurde durch die DLG Expertenkommission mit einer Silbermedaille ausgezeichnet wurde [4 bis 5].



**Bild 2:** Doppelscheibenschar von Lemken mit Automatische Schardruckregelung, geändert nach [6; 7].

**Figure 2:** Double disc coultter from Lemken with automatic coultter pressure control, modified after [6; 7].

In beiden Fällen wird die verbleibende Kraft auf der Andruckrolle gemessen und diese als Regelgröße für den Schardruck herangezogen. Beim Übergang zwischen schwerem zu leichterem Boden sinkt das Säschar bei unverändertem Schardruck tiefer in den Boden ein. Dies bewirkt ein Anstieg der verbleibenden Kraft auf der Tiefenführungsrolle. Beim Wechsel von schwerem auf leichteren Boden tritt der umgekehrte Effekt auf. Die automatische Anpassung des Schardrucks sorgt laut Hersteller für eine optimale und gleichmäßige Ablagetiefe und dadurch für einen gleichmäßigeren Feldaufgang [6].

#### *Aussaat und Düngung in einem Arbeitsgang*

Ein weiterer Trend, vor allem bei gezogenen Universalsämaschinen, ist die integrierte Düngerablage während der Aussaat. Nachdem die Firmen Horsch und Väderstad diese Systeme bereits schon länger anbieten, zogen weitere Anbieter nach [8 bis 9]. Je nach Hersteller und Ausstattungsvariante werden verschiedene Systeme angeboten.

Beim sogenannten "single shot" wird das Saatgut zusammen mit dem Dünger in der Saatrille abgelegt. Diese Technik wird von Amazone, und Köckerling angeboten [10 bis 11]. Beim "double shot" Verfahren findet eine separate Düngerablage statt. Dies erfolgt bei Pöttinger, Horsch, und Lemken gezielt durch separate Düngerschare, die zwischen den Saatreihen laufen [8; 12; 13]. Kombinierte Sä- und Düngerschare mit einer räumlichen Trennung von Saatgut und Dünger werden von den Firmen Tonutti, BNT und Horsch angeboten. Väderstad und Pöttinger bieten eine ganzflächige Ausbringung mit anschließender Einarbeitung an. Grundvoraussetzung sind Mehrtanksysteme die sowohl Dünger als auch Saatgut transportieren können [11; 13; 14].

#### *Modulare Trägerfahrzeuge*

Ein schon seit mehreren Jahren beobachteter Trend sind modular aufgebaute Kombimaschinen, bestehend aus einem großen Tank, mit Dosierung und Gebläse für die pneumatische Förderung, sowohl für Saatgut als auch für den Düngertransport. Über ein eigenes Fahrwerk mit großdimensionierten Reifen werden die, bei vollem Tank, großen Gewichte bodenschonend abgestützt [15]. Bei einigen Herstellern, können die Trägerfahrzeuge auch mit Bodenbearbeitungswerkzeugen kombiniert werden [16 bis 17]. Am Heck können austauschbare Module, wie eine Einzelkornsämaschine oder eine Säschiene, angebaut werden. Ist eine Einzelkornsämaschine angebaut, dient der Tank als Behälter für den Unterfußdünger, wird die Säschiene angebaut als Saatgutbehälter. Diese Systeme werden schon länger u.a. von Horsch, Kuhn, Kverneland, Lemken, oder Rabe angeboten. Zwei weitere Hersteller bieten nun auch Systemträger an: VarioTrail 6000 von Amazone und der Boxer von Köckerling [11; 19].

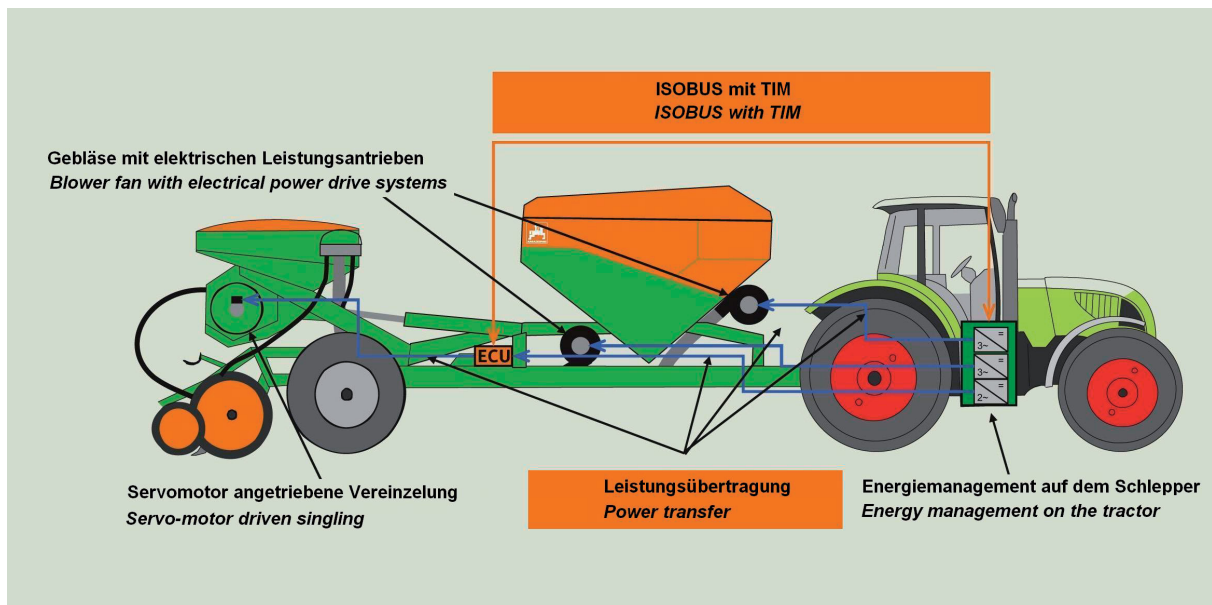


## Einzelkornsaat

Auf der Agritechnica 2011 präsentierten einige Hersteller neue Maschinen für die Einzelkornsaat. Schwerpunkt der Neuentwicklungen ist die Steigerung der Flächenleistung durch eine Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit (bis 15 km/h) bei vergleichbarer Kornlängsverteilung und größere Behältervolumen sowohl für das Saatgut (bis 2.000 l) als auch für den Dünger (bis 7.000 l).

Bereits auf der Agritechnica 2009 stellte Amazone mit der Einzelkornsämaschine EDX ein Gerät vor, mit dem deutlich höhere Fahrgeschwindigkeiten als bisher realisiert werden konnten. Dieses, damals für Mais und Sonnenblumen vorgestellte Gerät ist nun auch für die Aussaat von Raps geeignet. Je nach Kulturart werden verschiedene Vereinzeltrommeln angeboten.

Mit der Amazone EDX eSeed (**Bild 3**) wurden erstmals elektrische Leistungsantriebe über Hochvoltmotoren (400 V) bei einer Einzelkornsämaschine vorgestellt. Sowohl das Gebläse als auch die Dosierungen werden elektrisch angetrieben. Für den Dosierantrieb werden Servoantriebe eingesetzt. Drei neue Themen werden durch diese Neuentwicklung aufgegriffen. Leistungselektronik bei Anbaugeräten, Tractor Implement Management (TIM), Gerät steuert Traktor und ISOBUS [20].



**Bild 3:** Drei aktuelle Themen in der Amazone EDX eSeed kombiniert: Leistungselektronik bei Anbaugeräten, TIM und ISOBUS [20].

**Figure 3:** Three current issues combined in the Amazone EDX eSeed: high voltage electrical drives in implements, TIM and ISOBUS [20].

Mit der Einzelkornsämaschine Tempo hat die Firma Väderstad eine neue Sämaschine mit dezentraler elektrischer Überdruckvereinzlung vorgestellt [21]. Die Zielvorgabe bei der Entwicklung war eine Vereinzlungsfrequenz von 28 Körnern je Sekunde, was nur durch einen

druckluftunterstützten Saatguttransport (~14 m/s) und einer geringen Fallhöhe (50 cm) zu realisieren ist. Das Saatgut wird von einer Andruckrolle aufgefangen und am Furchengrund fixiert. Über das zapfwellenbetriebene Gebläse wird zusätzlich ein Generator angetrieben, der die elektrische Leistung für die Dosierer zur Verfügung stellt.

Mit der Maestro CC/SW stellte Horsch eine neu entwickelte Einzelkornsämaschine vor, mit der Aussaatgeschwindigkeiten bis 15 km/h und mehr erreicht werden können [22]. Die Maschine wird in zwei verschiedenen Ausführungen angeboten. Die Maestro CC besteht aus einem zentralen Düngertank (2.800 l) und für jede Reihe einem separaten Saatgutbehälter. Lieferbar ist die Maschine in den Reihenabständen: 45, 50, 70, 75 und 80 cm. Die SW Ausführung (**Bild 4**) ist mit einem Seed On Demand System ausgerüstet, wobei das Saatgut aus einem Zentraltank (2.000 l) für alle Saatzeilen bereitgestellt wird. Das Kernelement des Maestro Dosiergeräts ist die Säscheibe, die nicht als Lochscheibe ausgeführt ist sondern nach außen offene Nuten hat. In Kombination mit dem neu konzipierten Abstreifer kann, laut Hersteller, auch bei einer Saatgutfrequenz von 30 Hz noch eine gute Vereinzelung erfolgen.



**Bild 4:** Einzelkornsämaschine Horsch Maestro 24.75 SW, hohe Fahrgeschwindigkeiten, elektrischer Dosierantreib und zentraler Saatguttank [23].

**Figure 4:** Precision seeder Horsch Maestro 24.75 SW, high operational speed, electrical metering devices and central seed tank [23].

Die Diskussion der Reihenabstände bei der Einzelkornsäat wird auf Grund rechtlicher Rahmenbedingungen (CC Wasser) und durch den Einsatz dieser Technik in bisher untypischen Kulturen wie z.B. Raps oder in Zukunft gar Getreide, neu aufgegriffen und ist Gegenstand aktueller Untersuchungen [24]. Einzelkornsämaschinen mit variablen, aus der Traktorkabine einstellbaren Reihenabständen werden von den Kunden gewünscht und entsprechende Maschinen und Ansätze von Herstellerseite angeboten bzw. verfolgt [25 bis 27].

## **Strip-Tillage**

Die streifenweise Lockerung des späteren Saatbereichs ist eines der Themen, die derzeit von nahezu allen Herstellern in irgendeiner Form aufgegriffen werden. Die aktuellen Geräte befinden sich teilweise noch im Prototypenstadium [28; 29], sind aber auch schon als marktgängige Produkte verfügbar [24; 30; 31]. Einige Konzepte entsprechen bezüglich Zinkenordnung, -aufhängung und -form bestehender Grubbertechnik. Sie werden entweder im absätzigen, jedoch meist im kombinierten Verfahren, hauptsächlich vor Raps und Zuckerrüben, eingesetzt. Andere Konzepte wiederum orientieren sich stark an den nordamerikanischen Vorbildern. Diese Geräte bestehen aus verschiedenen Werkzeugkombinationen, die an einem Tragrahmen meist über ein Parallelogramm aufgehängt sind. Diese Geräte werden häufig im absätzigen Verfahren zur Streifenlockerung für Sommerungen eingesetzt. Die nachfolgende Säeinheit kann sowohl als volumendosierte- oder kornbezogene Dosiereinheit ausgeführt sein.

Mit der "Hybrid Drill" stellte die Firma Claydon ihre neue Streifen-Drillmaschine vor. Charakteristisch für diese Maschine ist ein weiter Reihenabstand zwischen 30,8 und 32 cm mit einem 17 cm breiten Normalsächar. Alternativ können auch ein 12 cm und ein 7,5 cm breites Sächar für kleineres Saatgut montiert werden [32].

## **Direktsaat**

### *Controlled Traffic Farming (CTF)*

Die Direktsaat ist trotz der hinreichend bekannten Vorteile in Deutschland immer noch wenig verbreitet. Ein wichtiger und oft diskutierter Aspekt ist die Beseitigung von Fahrspuren. Durch den Einsatz von satellitengestützten, automatischen Lenksystemen können permanente Fahrwege (CTF) geplant werden. Voraussetzung ist eine Angleichung der Spurweiten aller auf dem Feld bewegten Fahrzeuge. Aktuelle Untersuchungen zeigen das Potential, das diese Verfahren sowohl in ertraglicher Hinsicht als auch bezüglich des Bodenschutzes bieten [33; 34].

### *Detailverbesserung am Meißelschar*

Die Entwicklung der Direktsaattechnik zeichnet sich durch Detailverbesserungen aus, die dem allgemeinen Trend nach höheren Arbeitsgeschwindigkeiten folgen. So wurde zum Beispiel das Amazone DMC- Scharsystem mit Reflex-Scheiben und Bügelrollen rechts und links neben dem Schar ausgestattet. Somit ist laut Hersteller eine sichere Tiefenführung und das Schließen der Säfurche mit losem Boden auch bei einer Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit von den bisher empfohlenen 8-10 km/h auf jetzt 16-18 km/h möglich [35]. Ein Überblick über aktuelle Sätechnik für Mulch- und Direktsaat gibt [36].

## **Elektronische Steuerung und Überwachung**

Die bisherigen elektronischen Überwachungseinrichtungen bei Drill- und Einzelkornsämaschinen kontrollieren hauptsächlich die Fahrgeschwindigkeit, bearbeitete Fläche, Gebläsedrehzahl, Drehzahl der Dosierorgane, Fahrgassenrhythmus und

---

Behälterfüllstand. Diese Informationen werden teilweise zur Regelung der Maschineneinstellungen verwendet. Bezieht man die Positionsdaten der Maschine in den Arbeitsablauf mit ein, können Applikationskarten erstellt, Arbeitsschritte dokumentiert oder Teilbreitenschaltungen am Vorgewende realisiert werden.

### *Körnerzähler*

Sensorsysteme zum Körnerzählen werden schon seit mehreren Jahren von Wissenschaft und Industrie untersucht und gefordert. Für niedrige Saatstärken und große Körner, wie es bei der Einzelkornsaat der Fall ist, gibt es zuverlässige Systeme, die meist über Lichtschranken oder induktiv die Saatileitung überwachen und auch Körner zählen. Für Drillmaschinen gibt es bislang noch kein marktfähiges Produkt. Grund für die Messungenauigkeit sind hohe Kornfrequenzen, kleines Saatgut und Körner die zeitgleich den Sensor passieren, zudem setzen Staub und Beizmittel die meist optischen Sensoren außer Kraft. Um dies zu umgehen, werden andere Messmethoden untersucht. Erste Versuchsergebnisse eines skalierbaren piezoelektrischen Sensors liefern vielversprechende Ergebnisse. Der sogenannte Skapie-Sensor besteht aus einem Schichtenaufbau aus Prallkörper, Piezoelement, Dämmstoff, Basiskörper und Auswerteelektronik [37]. Dieser Aufbau ermöglicht es, dass höherfrequente gedämpfte Schwingungssignale erzeugt werden können. Getestet wurden Weizen mit einer Kornfrequenz von über 9 kHz, Mais mit 1,2 kHz und Raps mit 2 kHz Kornfrequenz. Denkbar wäre eine Integration des Sensors als Sensorarray im Verteilkopf oder als Schlauchsensor.

Das Messprinzip des Seedectors beruht auf einem Mikrowellensensor, der die Menge und Geschwindigkeit des Gutstroms in einer Förderleitung misst. Eine Erkennung von Blockaden ist laut Herstellerangaben möglich [38]. Inwieweit über die Tausendkornmasse Rückschlüsse auf die tatsächliche Kornzahl getroffen werden können und der Sensor somit als Körnerzähler geeignet ist, kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Das Messprinzip verspricht jedoch Vorteile gegenüber den optischen Sensoren.

### **Zusammenfassung**

Große Arbeitsbreiten und hohe Fahrgeschwindigkeiten bei zunehmendem Elektronikeinsatz kennzeichnen die allgemeinen Trends in der Sätechnik. Bei der Drillsaat spielt die gleichzeitige Ausbringung von Dünger und Saatgut eine immer wichtigere Rolle. Bei der Einzelkornsaat dominieren hohe Arbeitsgeschwindigkeiten bis 15 km/h die Neuentwicklungen. Im Bereich der Elektronik sind Schardruckregelsysteme sowie TIM und ISOBUS weiter auf dem Vormarsch. An marktfähigen und praxisreifen Verfahren zur Körnerzählung wird weiter gearbeitet.

## **Literatur**

- [ 1] Jäger, B.: Was kommt danach? Eilbote 60 (2012) H. 22, S. 14-17.
- [ 2] Köller, K.: Trends in der Landtechnik. Agritechnica-Neuheitenmagazin (2011) S. 2-9.
- [ 3] -, -: Marktübersicht Drillmaschinen Agrartechnik 01/2012
- [ 4] Baker, C.J. und Saxton K.E.: Seed Depth, Placement and Metering. In: No-tillage Seeding in Conservation Agriculture. 2. Auflage. Rom: FAO and CAB International 2007, S. 99-117.
- [ 5] Gall, C., Knappenberger, T. und Köller, K.: Sä- und Pflanztechnik. In Jahrbuch Agrartechnik 23 (2011) S. 69-72. Frankfurt/M. DLG-Verlag 2011.
- [ 6] -, -: Produktinformation der Firma Lemken.
- [ 7] DE 10 2010 006 169 A1: Doppelscheibenschar mit Tiefenführungsrolle. Lemken GmbH & Co. KG, Alpen, 2011.
- [ 8] -, -: Drillmaschinen mit Unterfußdüngung. Profi 18 (2006) H. 7, S. 74.
- [ 9] WO 2010/121881 A1: Coulter for a seed drill. Väderstad-Verken AB, Väderstad, 2010.
- [10] -, -: Citan C. Produktinformation. Amazone 10/2011.
- [11] Eikel, G.: Offen für alles und höchst flexibel. Profi (2011) H. 11, S.38-39.
- [12] -, -: Neuheiten 2011 Terrasem C6 fertilizer, Alois Pöttinger Maschinenfabrik GmbH, Produktinformation 12/2011.
- [13] -, -: Düngen und Drillen in neuer Dimension. Pressemitteilung Lemken 12/2011.
- [14] EP 2 298 054 A1: Landwirtschaftliche Verteilmaschine mit mehreren Tanks zur Aufnahme verschiedener Materialien. Amazonen-Werke H. Dreyer GmbH & Co. KG, Hasbergen, 2011.
- [15] Steinert, K.: Trend geht zur Solomaschine. Landwirtschaft ohne Pflug 17 (2011) H. 11, S. 20-25.
- [16] DE 10 2005 045 242 A1: Landwirtschaftliche Gerätekombination, insbesondere zum Ausbringen von Verteilgütern. Rabe Agri GmbH, Bad Essen, 2007.
- [17] -, -: Schlagkräftig, schnell und universell einsetzbar. Pressemitteilung Lemken 05/2012.
- [18] DE 10 2005 045 242 A1: Landwirtschaftliche Gerätekombination, insbesondere zum Ausbringen von Verteilgütern. Rabe Agri GmbH, Bad essen, 2007.
- [19] -, -: Schneller Feldaufgang. Hoher Ertrag. Amazone Active (2012), H. 8, S. 12.
- [20] -, -: Neuheiten Sätechnik - EDX eSeed. Produktinformation Amazonen Werke, 09/2011.
- [21] WO 2011/119095 A1 Row unit for a planter, planter and method for planting. Väderstad-Verken AB, Väderstad 2011.
- [22] EP 2 168 416 A3: Einzelkorndosiervorrichtung. Horsch Maschinen GmbH, Schwandorf, 2011.
- [23] -, -: Internetauftritt der Firma Horsch. [www.horsch2.com](http://www.horsch2.com) 26.06.2012
- [24] Bischoff, J.: Streifen im Kommen. Wochenblatt-Magazin. (2011) H. 6, S. 16-18.



- 
- [25] Mayer, A.: Flexibel und mit hoher Schlagkraft - Marktübersicht Einzelkornsägeräte. Ackerplus X (2011) H. 3, S. 10-15.
- [26] -, -: Maxima 2 TI. Produktinformation Kuhn S.A., 10/2011.
- [27] WO 2010/074633 A1: Agricultural Machine for Soil Tillage, Väderstad-Verken AB, Väderstad, 2010.
- [28] -, -: Strip Till im absätzigen Verfahren. Amazone Active (2011), H. 7, S. 8-9.
- [29] -, -: Streifenbearbeitung und Raps-Einzelkornsaat kombinieren. Profi 24 (2012) H. 1, S. 112.
- [30] -, -: Reihenlockerer zur Maisaussaat. Profi 17 (2005) H. 11, S.106.
- [31] -, -: Kuhn Striger: Reihenkulturen streifenweise bearbeiten. Profi 23 (2011) H. 5, S. 7.
- [32] Rutt, K.: Streifensaart auf Englisch. DLG-Mitteilungen (2012) H. 5, S. 70-73.
- [33] Holpp, M., Anken, T. und Sauter, M.: Better no till farming with Controlled Traffic Farming? VDI-MEG Tagung Landtechnik 11./12.11.2011 Hannover. In: VDI-Berichte 2124, S. 439-450.
- [34] Kroulík, M., Kvíz, Z. und Kumhála, F.: Evaluation of traffic intensity in fields and technical possibilities for machinery passes reduction. VDI-MEG Tagung Landtechnik 11./12.11.2011 Hannover. In: VDI-Berichte 2124, S. 451-457.
- [35] Dreyer, H.: Das Primera DMC-Schar genauer betrachtet. Informationsblatt zur Sämaschine Primera DMC, Amazonen Werke 01/2010.
- [36] Sätechnik für Mulch- und Direktsaat. Sonderheft Landwirtschaft ohne Pflug 2011.
- [37] Meyer zu Hoberge, S., Hilleringmann, U. und Drüe, S. et. al.: Sensorsystem zur Erfassung von Saatgutfrequenzen in Drillmaschinen. VDI-MEG Tagung Landtechnik 27./28.10.2010 Braunschweig. In: VDI-Berichte 2111, S. 203-212.
- [38] -, -: Seedector. Gutstrommessung in Leitungen und Blockadeerkennung. Produktinformation MSO Meßtechnik und Ortung GmbH, Bad Münstereifel, 2011.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Gall, Christian; Köller, Karlheinz: Sätechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-10

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043446>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/106.html>



## **Mineraldüngung**

Florian Rahe,  
Sensorik und Mechatronik, Amazonen-Werke H.Dreyer GmbH&Co.KG  
Bernd Scheufler,  
Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Hochschule Osnabrück

### **Kurzfassung**

Präzision und Schlagkraft stehen bei der Düngung nach wie vor im Vordergrund. Realisieren lassen sich diese Forderungen nur in Verbindung mit elektronischen Regelmechanismen und dem passenden Datenmanagement.

Die Zentrifugalstreuer – lange Zeit als Einfachgeräte eingeordnet – sind inzwischen aufgerückt in die anspruchsvolle Leistungsklasse der Anbaugeräte. Entsprechend hat sich auch die Kostenstruktur verschoben. Nach wie vor gilt aber auch: Die Kosten für den ausgebrachten Dünger sind um ein Vielfaches höher als die Anschaffungskosten für den Streuer selbst.

### **Schlüsselwörter**

Düngetechnik, Düngung, Precision farming

## **Fertilizing**

Florian Rahe,  
Sensorics and Mechatronics, Amazonen-Werke H.Dreyer GmbH&Co.KG  
Bernd Scheufler,  
Faculty of Agricultural Science and Landscape Architecture, University of Applied Sciences Osnabrück

### **Abstract**

Precision and speed are the main aspects regarding fertilizing. These can only be solved with electronic controls and data management.

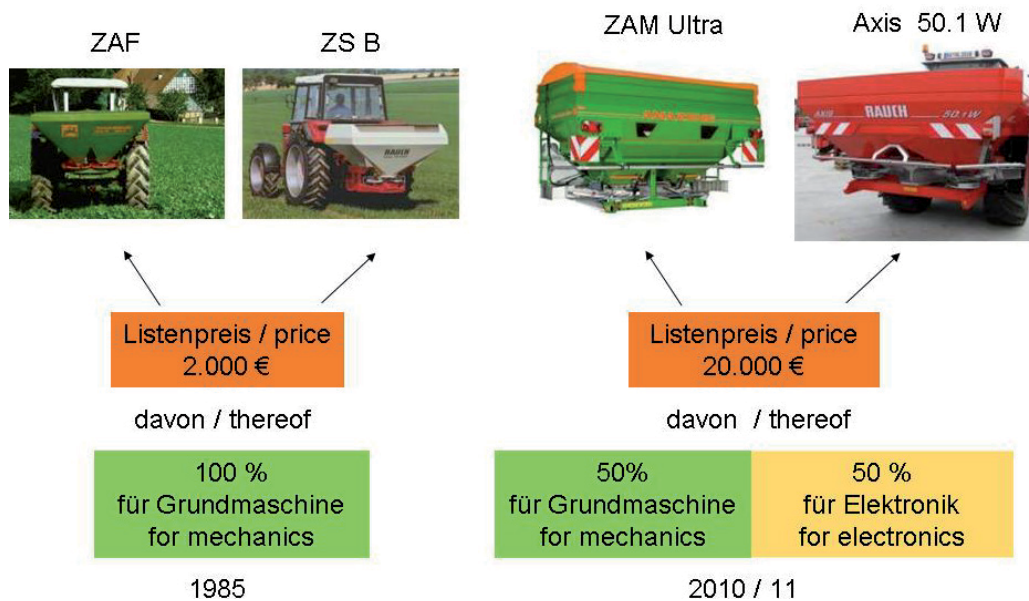
Rotating disc fertilizer spreaders have been seen long times as simple machines. Presently they advanced to the more challenging machines. Therefore the price of these machines changed drastically. Nevertheless, fertilizer spreaders still cost a fraction of the amount which is paid for the fertilizer being broadcasted.

### **Keywords**

Fertilizing, precision farming

### Veränderung bei der Kostenstruktur

In der Zeit bis ca. 1985 bestanden die Düngerstreuer fast nur aus mechanischen Baugruppen, lediglich die Schieberbetätigung erfolgte hydraulisch. In den darauf folgenden 25 Jahren wurden zunehmend mikroelektronisch gesteuerte Mechanismen eingebaut. Dieser Anteil wird in nächster Zeit weiter ansteigen, wenn zunehmend hochwertige Sensoren zum Einsatz kommen d.h. es sind nicht mehr die klassisch mechanischen Baugruppen, die den Preis bestimmen, sondern die elektrischen Baugruppen und Sensoren (**Bild 1**). Bei den Herstellern verschieben sich somit auch die Entwicklungsschwerpunkte.



**Bild 1:** Veränderung der Kostenstruktur bei Düngerstreuern.

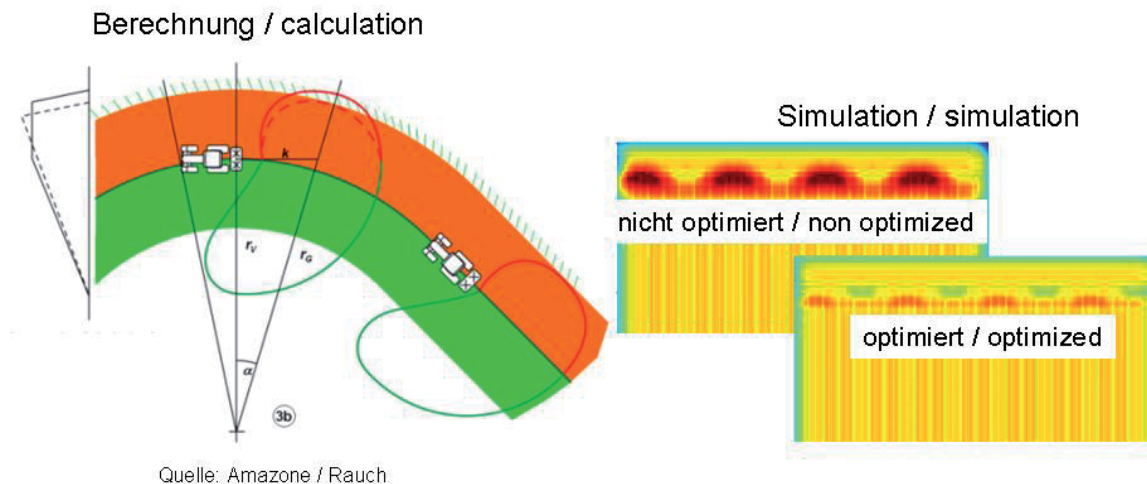
**Figure 1:** Change of cost structure of fertilizer spreaders

### Querverteilung in den Grenz- und Übergangsbereichen

Die Wurfweite von Zentrifugalstreuern ist grundsätzlich deutlich größer als deren Arbeitsbreite. In den Grenzbereichen und Übergängen der Feldflächen wie z.B. Vorgewende, Feldgrenzen und Keilstücken, ist es mitunter schwierig die gewünschte gleichmäßige Querverteilung zu realisieren.

Mehrere Hersteller [1], [2], [3] haben nun ein Verfahren entwickelt, mit dem es gelingt, auch diese Grenz- und Übergangsbereiche optimal zu düngen. Dabei werden durch Variation der Scheibendrehzahl und/oder des Aufgabepunktes des Düngers auf die Streuscheibe die Wurfbahnen der Düngerkörner innerhalb des Streufächers so verändert, dass sich eine Querverteilung ergibt, die genau zu den örtlichen Gegebenheiten passt. Die Ausbringmenge wird gleichzeitig angepasst.

Im Bordcomputer des Steuerers sind Algorithmen hinterlegt, die permanent die erforderlichen Einstellwerte berechnen und die Einstellmechanismen entsprechend ansteuern. Es erfolgt gleichzeitig eine Ortsbestimmung mit Hilfe der inzwischen gängigen GPS-Systeme.



**Bild 2:** Simulation zur Optimierung des Dünger-Streuprozesses.

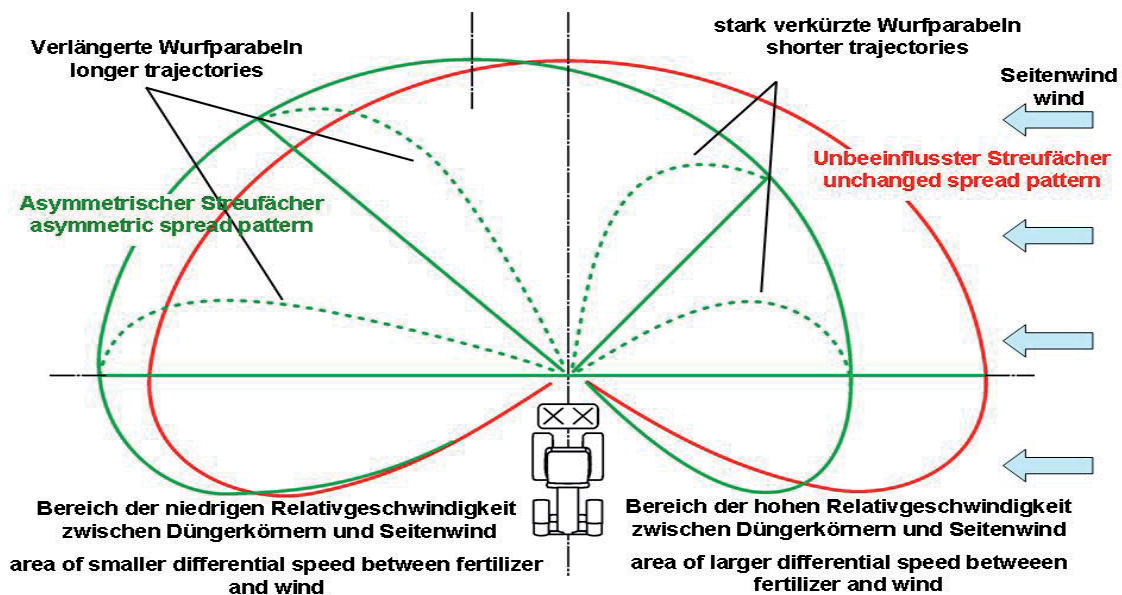
**Figure 2:** Simulation for optimization of fertilizer spreading

Voraussetzung für dieses Arbeitsverfahren sind wissenschaftliche Untersuchungen bzgl. der Erfordernisse bei der Querverteilung. Dazu werden Simulationen auf dem PC durchgeführt, um die Einstellvorgänge zu optimieren (**Bild 2**). Die individuellen Stoffeigenschaften, die sich auf das Flugverhalten der Düngerkörner auswirken, müssen berücksichtigt werden.

### Ausgleich des Windeinflusses

Bei der Ausbringung von Mineraldüngern fliegen die Düngerkörner teilweise auf Wurfbahnen, die eine Wurfweite von 40 m überschreiten. Entsprechend groß ist dann die Wirkdauer von Wind. Insbesondere feinkörnige und leichte Düngersorten reagieren empfindlich auf solche Windeinflüsse. Je nachdem wie stark und aus welcher Richtung der Wind weht und welche Düngersorte - ob fein und leicht oder grob und schwer - gestreut wird, verändert sich die Querverteilung (**Bild 3**).

Durch eine Neuentwicklung ist es möglich geworden, den Windeinfluss in einem gewissen Maße auszugleichen. Es wird dazu eine mobile Wetterstation, die die aktuellen Windverhältnisse misst, an der Maschine installiert. Diese Messwerte werden online zum Bordcomputer übertragen. Im Bordcomputer sind für die verschiedenen Düngersorten Stoffdaten, wie z.B. die Schwebegeschwindigkeit, abgespeichert. Durch Praxisversuche und Simulation wurden Algorithmen erstellt, mit denen sich Einstellwerte errechnen lassen, um den Windeinfluss auszugleichen. Ebenso wird angezeigt, wann Grenzwerte auftreten und kein ausreichender Ausgleich mehr möglich ist.



**Bild 3:** Veränderung des Streufächers unter Windeinfluss  
**Figure 3:** Change of fertilizer pattern affected by wind

### Kalkdüngung

Die Eignung eines Bodens als Pflanzenstandort hängt maßgeblich von seinem pH-Wert ab, da dieser Einfluss auf Nährstoffverfügbarkeit und Nährstofffestlegung, Bodenorganismen, Struktur des Bodens und somit auf das gesamte Pflanzenwachstum hat. Eine Versauerung von Böden tritt aufgrund von natürlichen Prozessen (z.B. Wurzelausscheidungen) sowie durch ackerbauliche Maßnahmen (u. a. versauernd wirkende N-Dünger) mit der Zeit ein. Um dem entgegenzuwirken ist eine regelmäßige Zufuhr basisch wirkender Düngemittel nötig. Obwohl kleinräumige pH-Wert-Unterschiede im Boden vorliegen, erfolgt die Ausbringung meist flächeneinheitlich, da die notwendige Probenahmedichte aus Zeit- und Kostengründen nicht realisiert werden kann. Folglich werden Teilflächen mit Kalk über- bzw. unversorgt.

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Erfassung der räumlichen Variabilität der pH-Werte im Boden zur Optimierung acker- und pflanzenbaulicher Maßnahmen“ wurde an der Hochschule Osnabrück das Veris MSP, eine von der Firma Veris Technologies in den USA entwickelte Sensorplattform evaluiert, welches online hochaufgelöst Boden-pH-Werte misst und dabei kleinräumige pH-Wert-Differenzen sicher erfasst (**Bild 4**). Im Vergleich mit im Labor bestimmten Boden-pH-Werten zeigt sich eine zufriedenstellende Beziehung. Jedoch liegen die Veris MSP pH-Werte im Bereich kleiner pH 5,5 deutlich höher als die Laborwerte.

Parallel wird die elektrische Leitfähigkeit des Bodens, die es erlaubt, Aussagen über Bodenunterschiede in der Fläche zu treffen, gemessen. Untersuchungen belegen, dass hohe EC-Werte auf hohe Tongehalte hinweisen, jedoch eine quantitative Umrechnung nicht möglich ist. Grundsätzlich können somit alle erfassten Sensordaten nicht direkt in der

hiesigen Kalkdüngempfehlung Verwendung finden, jedoch lässt sich die Eingliederung einer Flächenkartierung mit dem Veris MSP mithilfe von Referenzbodenprobenahmen realisieren. Ein entsprechendes Konzept ist entwickelt und evaluiert worden, um zukünftig auf Basis von online-erfassten Boden-pH-Werten teilflächenspezifisch Kalk auszubringen [6].



**Bild 4:** Veris MSP zur PH-Wert Kartierung des Bodens [7]

**Figure 4:** Veris MSP for soil ph mapping [7]

### Sensoren für die Bestandsführung

Der Yara-N-Sensor war jahrelang der einzig praxistaugliche Sensor, der verwertbare Messdaten zur Bestandsführung lieferte. Zwischenzeitlich gibt es mehrere Hersteller, die vergleichbare Sensoren anbieten (**Bild 5**). Ein Lehrstuhl der TU München hat vier Sensorsysteme miteinander verglichen [8]. Nutzbar werden die verschiedenen Messwerte in Verbindung mit dem entsprechenden Fachwissen bzgl. der Pflanzenernährung.

Alle Sensorsysteme messen im Nahbereich rechts und links vom Schlepper. Regeltechnisch wäre es möglich, die Sensordaten so auszuwerten, dass die Ausbringmengen rechts und links individuell angesteuert werden. In der Praxis ist dies noch nicht realisiert.





**Bild 5:** Isaria Sensorsystem von Fritzmeier Umwelttechnik [9]

**Figure 5:** Isaria sensor system from Fritzmeier Umwelttechnik [9]

### **Bewertung von Streubildern**

Alle Zentrifugalstreuer haben die Eigenschaft auf wechselnde Stoffeigenschaften des Düngers zu reagieren, i.d.R. tritt eine Veränderung bei der Verteilcharakteristik ein. Ausgleichen lässt sich das nur durch eine individuelle, vom Dünger abhängige Einstellung des Düngerstreuers. Mit umfangreichen Streutabellen wird der Landwirt in die Lage versetzt, Zentrifugalstreuer optimal einzustellen.

Optimal bedeutet, dass der Zentrifugalstreuer ein Streubild mit folgenden Merkmalen erzeugt:

- Hohe Verteilgenauigkeit bzgl. der Querverteilung (Gleichmäßigkeit)
- Hohe Stabilität gegenüber Fremdeinflüssen (Unempfindlichkeit)

Zur Beurteilung der Verteilgenauigkeit legt man die Messwerte eines 2-dimensionalen Streubildes zur Grunde und es wird der Variationskoeffizient (VK-Wert) zur Beurteilung des Streubildes berechnet. Das Verfahren hat sich in der Praxis bewährt.

Die Stabilität beschreibt die Empfindlichkeit eines Streubildes, wenn äußere Einflüsse eine negative Wirkung auf die Querverteilung haben. Solche Einflüsse können sein:

- Wind
- Stoffeigenschaften des Düngers
- Bodenunebenheiten
- Fahrfehler



- Streuen in Hanglage

Zur Beurteilung der Stabilität ist bisher keine mathematische Formulierung bzgl. eines Bewertungsmaßstabs definiert worden. Es gibt nur die Aussagen, dass sich ein Streubild stabil verhält, wenn es folgende Eigenschaften hat:

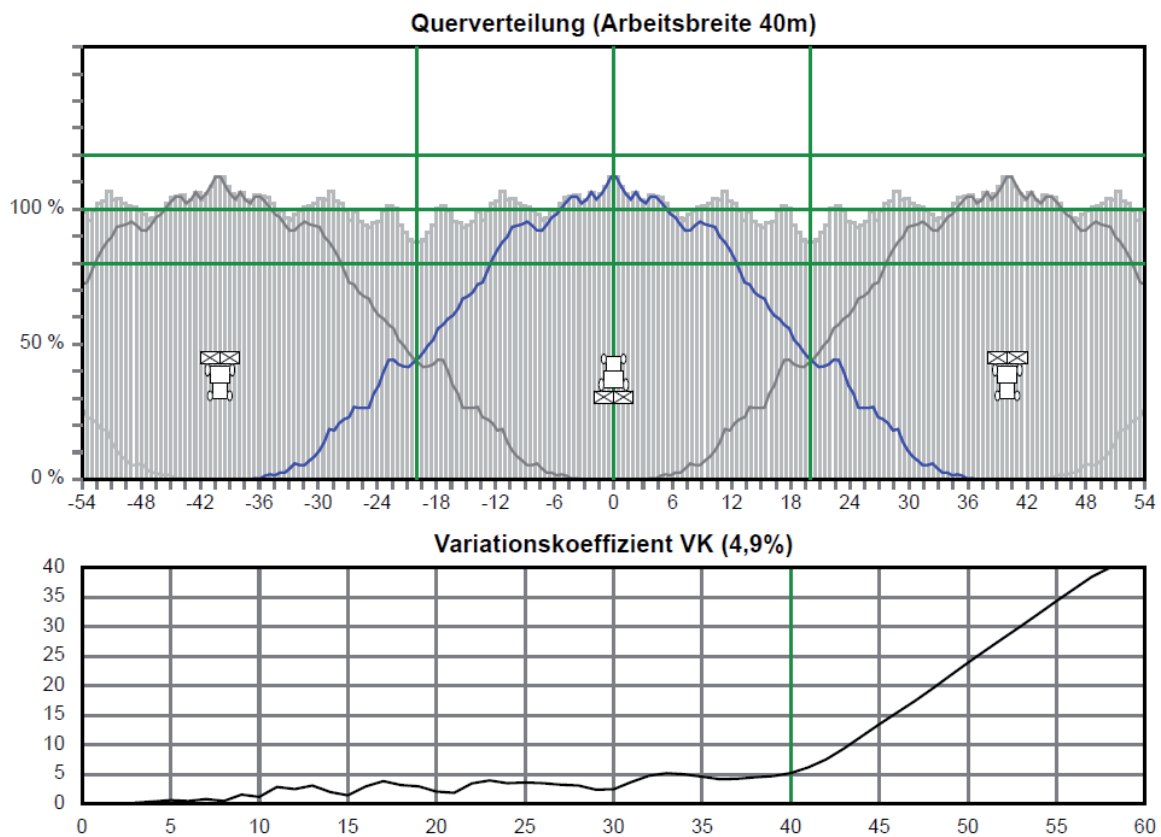
- der Funktionsverlauf der VK-Werte im Bereich der untersuchten Arbeitsbreite flach verläuft
- das Streubild bei Hin- und Herfahrt eine möglichst große Überlappungszone aufweist.

Für jedes Grundstreubild gibt es eine VK-Kurve. Dieser kann man entnehmen, für welche Arbeitsbreiten sich brauchbare Querverteilungen bei der Düngerausbringung ergeben würden, der VK-Wert also möglichst niedrig ist. In dem Beispiel **Bild 6** wären das die Arbeitsbreiten  $b = 24 \text{ m}$  und  $b = 40 \text{ m}$ . Trotz nahezu identischer VK-Werte, weist das Streubild bei  $24 \text{ m}$  eine höhere Stabilität auf, da der Verlauf flacher und die Überlappung größer ist. Das nachfolgende mathematische Denkmodell könnte ein Ansatz sein, ein Maß für die Stabilität zu definieren.

$$St(b) = \frac{2b}{W_{95}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^5 [(VK(b-i) - VK(b) + 3\%)^2 + (VK(b+i) - VK(b) + 3\%)^2]}{3,4}}$$

Der erste Ausdruck der Gleichung berücksichtigt die Überlappung. Es ist das Verhältnis von doppelter Arbeitsbreite zur Wurfweite  $w_{95}$ . Dabei ist  $w_{95}$  die Wurfweite die 95 % des geworfenen Düngers umschließt.

Der Wurzelanteil berücksichtigt den Funktionsverlauf der VK-Werte in einem Bereich um die gewählte Arbeitsbreite. Die VK-Kurve wird so verschoben, dass sie bei der zu betrachtenden Arbeitsbreite einen VK von 3 % hat. Die sich daraus ergebenden 5 VK-Werte rechts und links von der gewählten Arbeitsbreite  $b$  in Abstandstufen von 1 m gehen in die Berechnung ein.



**Bild 6:** Beispiel zur Querverteilung und Verlauf des Variationskoeffizienten in Abhängigkeit der Arbeitsbreite

**Figure 6:** Example of lateral distribution of fertilizer and change of coefficient of variation with working width

Für das Beispiel in **Bild 6** berechnet sich danach für die Arbeitsbreite  $b = 24 \text{ m}$  eine Stabilität von  $St = 4,9 \%$  und für  $b = 40 \text{ m}$  eine von  $St = 11,9 \%$ . Die Verschiebung der VK-Kurve durch den Punkt  $b/3$  sowie des Teilers 3,4 in der Wurzel bewirken, dass das bekannte Bewertungsschema für die Querverteilung übernommen werden kann.

- $St = VK = 1,0 \%$  bis  $5,0 \%$  sehr gut
- $St = VK = 5,1 \%$  bis  $10,0 \%$  gut
- $St = VK = 10,1 \%$  bis  $15,00 \%$  befriedigend

Detaillierte Betrachtung der unterschiedlichen Verhältnisse in [10].

## **Literatur**

- [1] -, -: Internetauftritt der Firma Kverneland; GEOspread, <http://de.kverneland.com/>, Zugriff 01.10.2012.
- [2] -, -: Internetauftritt der Firma Rauch; GPS-Control, <http://www.rauch.de/>, Zugriff 01.10.2012.
- [3] -, -: "GO" Neuheitenbroschüre für 2012, Amazone HeadlandControl, S. 28-31.
- [4] -, -: "GO" Neuheitenbroschüre für 2012, Amazone WindControl, S. 26-27.
- [5] Borchert, A.; Pralle, H.; Trautz, D. und Ols, H.-W. (2011): Erstellung von pH-Wert Schlagkarten basierend auf online-erfassten Boden-pH-Werten als Grundlage teilflächenspezifischer Kalkapplikation. VDLUFA-Schriftenreihe 67.
- [6] Borchert, A.; Trautz, D. und Ols, H.-W. (2010): Eignung des Online-Messverfahrens VERIS MSP zur Erfassung der räumlichen Variabilität von pH-Werten in Ackerböden: Validierung anhand von Labor- und Felduntersuchungen. VDLUFA-Schriftenreihe 66.
- [7] -, -: Bild vom Internetauftritt der Firma Veris Technologies <http://www.veristech.com/>, Zugriff 01.10.2012
- [8] Ederle, K.; Mistele, B.; Schmidhalter, U.: Konkurrenz für's Surfbrett, dlz Agrarmagazin, März 2012, S. 28-34
- [9] -, -: Bild vom Internetauftritt von Fritzmeier Umwelttechnik, <http://www.umwelt.fritzmeier.de/>, Zugriff 01.10.2012
- [10] -, -: Internetauftritt von CC-Agri (Competence Center Agronomisches Wissen) <http://www.cc-agri.de/redirect/bewertung-von-streubildern>, Zugriff 01.11.2012.

## **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Rahe, Florian; Scheufler, Bernd: Mineraldüngung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-9

### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043447>

### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/112.html>

## **Nachhaltiger und schlagkräftiger Pflanzenschutz**

Heinz Ganzelmeier,  
Julius-Kühn Institut, Institut für Anwendungstechnik im Pflanzenschutz, Braunschweig

### **Kurzfassung**

Festzustellen ist ein deutlicher Trend hin zu großen Geräten. Es ist zu erwarten, dass in Zukunft Precision Farming verstärkt im Pflanzenschutz Eingang findet. GPS- und GIS-Systeme werden zukünftig Erfassung und Dokumentation von Pflanzenschutzmaßnahmen erleichtern. Große leistungsfähige Pflanzenschutzgeräte sind in der Regel mit einem Agrarcomputer zur Regelung der Ausbringmenge und zunehmend mit weiteren elektronischen Funktionalitäten/Assistenzsystemen ausgestattet. Abdriftmindernde Injektordüsen sind ein einfaches und sehr wirksames Instrument, um Regelabstände zu Oberflächengewässern und Saumstrukturen zu vermindern. Die Verteilungsqualität bei Feldspritzgeräten ist auch bei großen Auslegerbreiten und höheren Fahrgeschwindigkeiten gewährleistet. Die Geräte verfügen über effektive Einspüleinrichtungen, Reinigungseinrichtungen, Zirkulationssysteme und andere Hilfsmittel, um Punkteinträge an Pflanzenschutzmitteln zu vermeiden.

### **Schlüsselwörter**

Pflanzenschutzgeräte, Düsen, Precision Farming, Teilbreitenschaltung, Gerätereinigung

## **Sustainable and powerful plant protection**

Heinz Ganzelmeier,  
Julius Kuehn Institute, Institute for Application Techniques in Plant Protection, Braunschweig

### **Abstract**

There is a clear trend towards large equipment. An increase in precision farming can be expected in the future. GPS and GIS systems will facilitate registering and documenting plant protection measures in future. Large and efficient plant protection equipment is generally equipped with an electronic spray control unit for regulating the amount of spray liquid, and increasingly with further electronic functions/assisting systems. Drift reducing injector nozzles are a simple and very effective instrument to reduce standard buffer zones to surface water and ecotones. The quality of distribution from field sprayers is also guaranteed for large boom widths and higher driving speeds. The equipment comprises effective filling devices, cleaning and circulation systems, and other means of avoiding point sources from plant protection products.

### **Keywords**

Plant protection equipment, nozzles, precision farming, section switch, sprayer cleaning

Die sich weltweit abzeichnenden Megatrends, wie:

- anhaltendes Wachstum der Weltbevölkerung,
- Steigerung der Flächenproduktivität,
- wachsender Bedarf an erneuerbaren Energien,
- größere Betriebsstrukturen,

stellen die Landwirtschaft und somit auch die Landtechnik vor große Herausforderungen.

## **1. Trends in der Anwendungstechnik**

Pflanzenschutzgeräte haben die Aufgabe, Pflanzenschutzmittel gezielt und sparsam auf der vorgesehenen Behandlungsfläche auszubringen und dabei auftretende Nebenwirkungen auch im Sinne eines vorbeugenden Verbraucherschutzes möglichst gering zu halten. Neben technischen Entwicklungen bei Pflanzenschutzgeräten gibt es eine Reihe weiterer Neuerungen, die auf eine Verfahrensoptimierung des Pflanzenschutzes abzielen.

*Pflanzenschutzgeräte: angebaut, angehängt oder selbstfahrend?*

Anbaugeräte nehmen in dem Angebotsumfang der Firmen den 2. Platz ein. Sie erreichen Arbeitsbreiten bis 28 m und eine Behältergröße von bis zu 1900 l. Die hierfür üblicherweise eingesetzten Traktoren benötigen vielfach eine zusätzliche Front-Ballastierung.

Anhängergeräte weisen in der Statistik des JKI den 1. Platz auf. Die Firmen bieten Geräte mit einer Arbeitsbreite bis zu 51 m und einer Behältergröße bis zu 14.000 l an (**Bild 1**). Anhängergeräte werden zunehmend mit hohen Fahrgeschwindigkeiten bewegt. Die Hersteller bieten Geräte mit bis zu 50 km/h und gefederten Achsen an. Ein spurtreuer Nachlauf kann über Achsschenkelenkung oder eine Knickdeichsel realisiert werden.



**Bild 1:** Anhängergerät mit einem besonders großen Behälter von 11200 l.

**Figure 1:** Trailed equipment with an especially large tank size of 11200 l.

Selbstfahrer machen in der Angebotspalette der Hersteller zwischenzeitlich einen Anteil von über 10 % aus. Von besonderem Interesse für Lohnunternehmer und Großbetriebe sind eine möglichst hohe Flächenleistung, eine günstige Handhabung, eine hohe Wendigkeit sowie


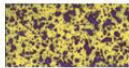
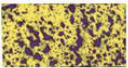
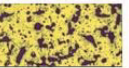
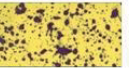
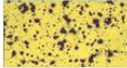
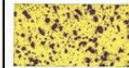
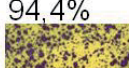
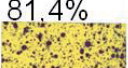

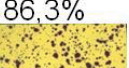
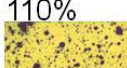


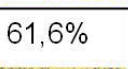
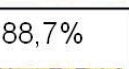
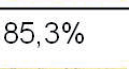
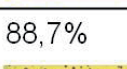

eine möglichst gleichmäßige Gewichtsverteilung auf die Räder, was eine exakte Applikation bei hohem Fahr- und Bedienungskomfort, auch bei schwierigen Gelände- und Bodenverhältnissen gestattet. Das Angebot mit einem dreiachsigen Fahrgestell reicht bis 8.000 l Tankgröße. Von zunehmendem Interesse sind Selbstfahrer mit besonders hoher Bodenfreiheit, wie sie für Pflanzenschutzmaßnahmen im Raps, Sonnenblumen oder Mais gegen den Maiswurzelbohrers benötigt werden.

#### *Fahrgeschwindigkeit rauf – Wassermenge runter?*

Große, leistungsfähige Pflanzenschutzgeräte werden heutzutage vielfach mit höheren Fahrgeschwindigkeiten eingesetzt als dies die „gute fachliche Praxis“ vorgibt. Mehrjährige Versuche des Julius Kühn-Instituts haben gezeigt [1], dass:

- auch bei höheren Fahrgeschwindigkeiten noch eine gute Durchdringung erreicht wird (**Bild 2**)
- die Abdrift etwas proportional mit der Fahrgeschwindigkeit ansteigt
- die biologischen Versuchsergebnisse aus 3 Versuchsjahren nicht ausreichen, um eine belastbare Aussage zur Wirksamkeit abzugeben.

Daher sind im Randbereich eines Schlages nach wie vor, Fahrgeschwindigkeiten von 6-8 km/h einzuhalten. Zum Inneren des Schlages hin, wenn die Gefahr der Abdrift nicht mehr besteht, kann auch mit moderat erhöhten Fahrgeschwindigkeiten appliziert werden, siehe auch [2 bis 3].

Höhe [cm]	BBCH 37 - 38	8 km/h 200 l/ha	16 km/h 200 l/ha	24 km/h 200 l/ha	8 km/h 100 l/ha	16 km/h 100 l/ha	24 km/h 100 l/ha
68		100%	100%	100%	100%	100%	100%
45							
		94,4%	81,4%	103,7%	86,3%	110%	107,3%
22							
		75,5%	61,6%	88,7%	85,3%	88,7%	89,5%
0							
		58,4%	45,4%	63,9%	61,2%	69,9%	72,6%

**Bild 2:** Gemessene Spritzbeläge (auf wassersensitivem Papier) in vier Ebenen eines Getreidebestandes (BBCH 37-38) bei Fahrgeschwindigkeiten von 8/16/24 km/h und einem Flüssigkeitsaufwand von 100/200 l/ha.

**Figure 2:** Measured spray deposits (on water-sensitive paper) in four levels of a cereal field (BBCH 37-38) at driving speeds of 8/16/24 km/h and a volume rate of 100/200 l/ha.



Damit der technische Fortschritt bei Feldspritzgeräten auch in der landwirtschaftlichen Praxis genutzt werden kann, wird vorgeschlagen, höhere Fahrgeschwindigkeiten und geringere Wasseraufwandmengen bereits bei der Pflanzenschutzmittel-Zulassung prüfen zu lassen. Dies würde auch in der Gebrauchsanleitung der Pflanzenschutzmittel ihren Niederschlag finden und Praktiker mit entsprechend hochwertigen Geräten ein regelkonformes Applizieren ermöglichen.

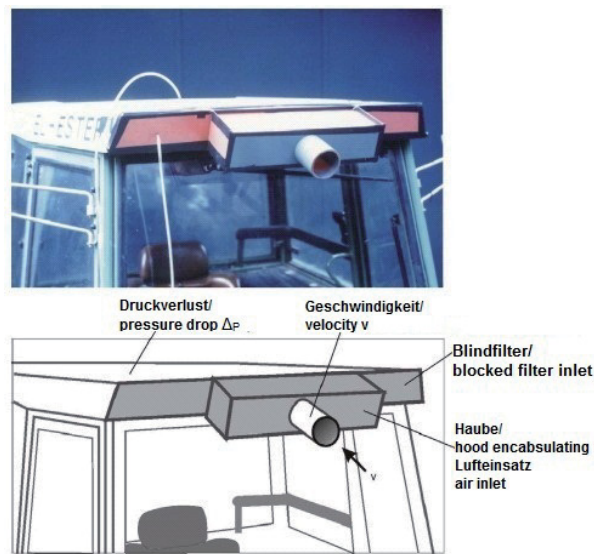
*Welche Düsentypen sind die richtigen?*

Die Düsen sind ganz wesentlich dafür verantwortlich, dass bei den praxisüblichen Fahrgeschwindigkeiten neben einer gleichmäßigen Quer- und Längsverteilung auch eine abdriftarme Applikation und eine gute biologische Wirksamkeit der applizierten Pflanzenschutzmittel erreicht wird [4]. Das Sortiment der Düsenhersteller an abdriftmindernden Injektordüsen lässt kaum Wünsche offen, das zeigt das Verzeichnis Verlustmindernde Geräte, das derzeit für den Ackerbau 282 Eintragungen aufweist, siehe [www.jki.bund.de](http://www.jki.bund.de). Auch Randdüsen (Lechler IS und TeeJet AI-UB), die sich durch eine randscharfe Applikation und weniger Drift im Nahbereich auszeichnen, sind im Verzeichnis „Verlustmindernde Geräte“ berücksichtigt [5].

Nunmehr werden verstärkt auch Doppelflachstrahldüsen eingesetzt, die eine bessere Anlagerung und höhere Fahrgeschwindigkeiten ermöglichen sollen. Man unterscheidet hierbei zwischen den symmetrischen (30° nach vorn und hinten gerichtete Spritzstrahlen, wie IDKT, AVI Twin, AITTJ) und den asymmetrischen Doppelflachstrahldüsen (10° nach vorne und 50° nach hinten gerichtete Spritzstrahlen, wie HighSpeed; bzw. 30° und 70°, wie bei AI3070).

*Welche Fahrerkabine ist die richtige?*

Der Anwender muss beim Umgang mit Pflanzenschutzmitteln auch Vorsichtsmaßnahmen beachten, um sich und andere nicht zu gefährden. Hierfür stehen persönliche Schutzausrüstungen (PSA) oder Fahrerkabinen zur Verfügung. Wie Kabinen für die Durchführung von Pflanzenschutzmaßnahmen auszusehen haben, wird in der europäischen Norm EN 15695, die seit Nov. 2009 in Kraft ist, beschrieben [6]. Darin werden vier Kategorien von Fahrerkabinen und entsprechende Prüfmethoden festgelegt (**Bild 3**). Für den Einsatz im Pflanzenschutz ist gemäß einer EU-Richtlinie eine Kabine mit der höchsten Schutzwirkung, d.h., der Kategorie 4 einzuhalten.



**Bild 3:** Anordnung zur Messung der Leckage nach der Blindfiltermethode (gemäß EN 15695-1)

**Figure 3:** Design for measuring leakage according to the blind filter method (according to EN 15695-1)

Im Folgenden werden erste Prüfungsergebnisse exemplarisch dargestellt. In der EN 15695-1 werden zur Bestimmung der Schutzwirkung zwei Prüfmethoden (Leckagen, Kabineneffizienz) genannt [7].

Es stand eine Kabine zur Verfügung, die für die Kategorie 4 vorgesehen war. Dementsprechend durfte die Leckage nicht mehr als 2 % betragen, der Wirkungsgrad dagegen mindestens 98 %. Die Ergebnisse zeigten, dass beide Methoden annähernd kompatibel sind. Letztlich wurden Leckagen kleiner als 2 % und Wirkungsgrade von über 98 % gemessen.

Diese Ergebnisse konnten in weiteren Messungen an Kabinen unterschiedlicher Hersteller und Konzeptionen bestätigt werden.

## 2. Erhebliche Potentiale liegen in der „intelligenten“ Technik

### *Precision Farming*

Eine weitere große Chance und Herausforderung für den Pflanzenschutz der Zukunft stellt Precision Farming dar [8]. Hierbei geht es darum, nur die Teilflächen eines Schlages mit Pflanzenschutzmitteln zu behandeln, auf denen der Schaderreger das zulässige Maß übersteigt und die anderen Flächen unbehandelt zu lassen. Die größten Probleme bei der Umsetzung von Precision Farming sind die Erfassung der Heterogenität des Schlages und die erforderliche große Variabilität in der Dosierung der Pflanzenschutzmittel (Direkteinspeisung). Es ist zu erwarten, dass Precision Farming nur schrittweise vorankommt, in Zukunft jedoch den Pflanzenschutz ganz wesentlich bestimmen wird.

### *Agrarcomputer*

Eine zukunftsorientierte und variable Elektronikausstattung baut auf einer ISOBUS-konformen Schnittstelle zwischen dem Bedienterminal und dem Jobrechner auf der Spritze auf. Die Elektronik kann eine Vielzahl von Funktionen - Assistenzsysteme – übernehmen und so neben einer Qualitätssteigerung zu einer erheblichen Entlastung der Fahrer beitragen kann [9]. Dies trifft vor allem für die Bedienung und Überwachung von Pflanzenschutzgeräten mit großen Arbeitsbreiten bei hohen Fahrgeschwindigkeiten zu. Die Schaltung und Funktionsüberwachung von Einzeldüsen sowie Software-Module zur Restmengenminimierung seien hier als besonders aktuelle Beispiele genannt.

Bei der Bedienung des Spritzgerätes kommt man eigentlich nicht ohne den bekannten „Joy-Stick“ aus, der griffgünstig in der Nähe des Schleppersitzes platziert ist.

Ob ein Terminal die ISOBUS-Konformität erreicht, wird im DLG-ISOBUS Test geprüft. Eine Liste geprüfter Geräte wird im Internet unter [www.isobus.net](http://www.isobus.net) bereitgestellt. Die Landtechnikbranche hat eine internationale Industriepattform AEF (Agricultural Industry Electronics Foundation) ins Leben gerufen, welche die Weiterentwicklung kompatibler, praxistauglicher Systeme bis hin zum Hof-PC einschließlich Datentransfer zur Schlagkartei, vorantreiben soll.

### *Funktionsüberwachung von Düsen durch Sensoren*

Durch den Einsatz von Sensoren an jedem Düsenhalter wird der Flüssigkeitsdurchsatz jeder Einzeldüse erfasst. Die Hersteller setzen hierfür verschiedene Sensoren ein. Diese Art der sensorischen Überwachung hat gegenüber der herkömmlichen Überwachung durch Sichtkontrolle deutliche Vorteile, da eine beschädigte oder verstopfte Düse im Spritzgestänge zuverlässig festgestellt werden kann. Eine Fehlfunktion der Einzeldüse wird automatisch und verzögerungsfrei im Display des Terminals angezeigt, so dass der Anwender diese dann umgehend beseitigen kann.

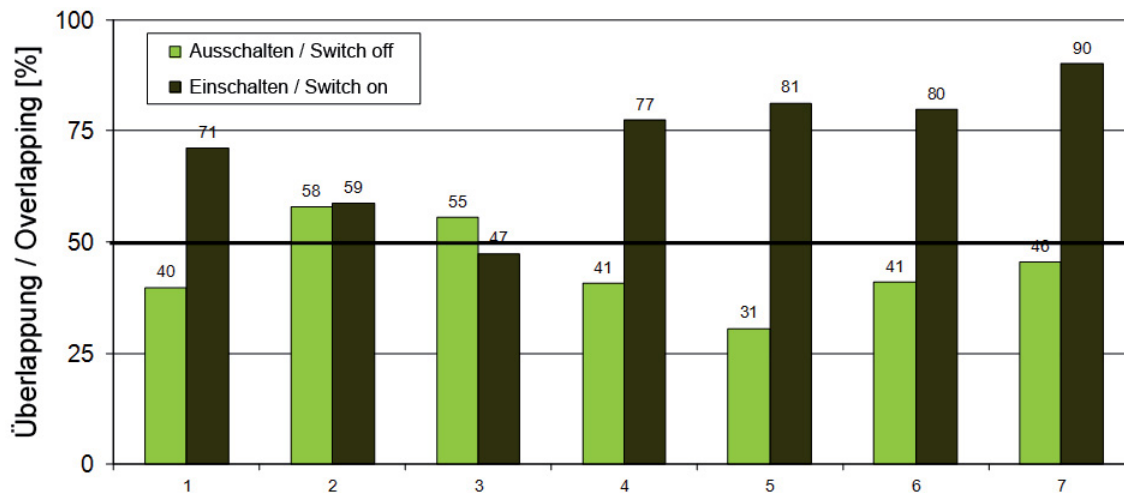
### *Automatische Teilbreitenschaltung*

GPS-unterstützte Teilbreitenschaltungen sind die wichtigsten Assistenzsysteme der letzten Jahre für Feldspritzgeräte [10 bis 11].

Automatische Teilbreitenschaltungen (ATS) sollen bei abnehmender bzw. zunehmender Spritzbreite (z. B. bei Keilen) Teilbreiten des Spritzgestänges automatisch ab- und anschalten, so dass möglichst Fehlstellen oder Doppelbehandlungen unterbleiben. Die ATS arbeiten GPS-gestützt und ohne Zutun des Fahrers. Untersucht wurde, welche Schaltgenauigkeit diese Systeme aufweisen und ob die möglichen Einstellungen (0 %, 50 %, 100 % Überlappung) auch eingehalten werden. Dazu wurde ein spezieller Messaufbau gewählt, um die Schaltzeitpunkte exakt und mit hoher Reproduzierbarkeit bestimmen zu können.

Die Ergebnisse zeigen, dass nach Justierung des Gesamtsystems (Hydraulik und Elektrik) alle 7 Systeme recht ordentlich arbeiten. Bei einer Einstellung von 50 % Überlappung werden tatsächliche Überlappungen von 31 % bis max. 90 % erzielt (**Bild 4**). Außerdem

wurde festgestellt, dass die Systeme insgesamt zu früh schalten, dies gilt sowohl für Fahrgeschwindigkeiten von 8 km/h als auch für 16 km/h.



**Bild 4:** Gemessene Spritzbelags-Überlappung bei einer Solleinstellung von 50 % und einer Fahrgeschwindigkeit von 8 km/h.

**Figure 4:** Measured spray deposit overlapping at a nominal adjustment of 50 % and driving speed of 8 km/h.

#### *Automatische Gerätereinigung*

Eine zeitsparende und gründliche Reinigung des Pflanzenschutzgerätes ist entscheidend, um bei Kultur- bzw. Mittelwechsel phytotoxische Schäden oder unerlaubte Rückstände sowie Punkteinträge von Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässer zu vermeiden [12 bis 13].

Automatische Reinigungseinrichtungen für die Innen- und nunmehr auch für die Außenreinigung des Spritzgestänges sind zeitsparend bieten dem Landwirt einen erheblichen Komfortgewinn [11]. Entscheidend für die Innenreinigung ist die Restkonzentration, die sich nach Ablauf der Reinigung und einer Wiederbefüllung der Spritze mit klarem Wasser im Tank und im Leitungssystem des Gerätes einstellt. Untersuchungen des JKI haben gezeigt, dass hierbei Pflanzenschutzmittelrestkonzentrationen zwischen 0,01 und 0,04 % erreicht werden können. Kontinuierliche arbeitende Reinigungseinrichtungen können noch niedrigere Werte erreichen. Hierbei wird während der Reinigung kontinuierlich nur so viel Wasser über eine separate Pumpe der Reinigungsdüse zugeführt, wie über die Düsen ausgebracht wird. Die ablassbare Restmenge (drainable volume) ist eine Kenngröße, die erst in jüngster Zeit Bedeutung erlangt und in die Normung für Neugeräte Eingang gefunden hat. Sie beschreibt, wie viel Flüssigkeit sich nach der Reinigung und dem vollständigen Ausspritzen noch im Ablass befindet. Je weniger Restflüssigkeit und je niedriger die Mittelkonzentration, desto besser.

Auch beim Befüllen eines Pflanzenschutzgerätes kann die Zudosierung der flüssigen Produkte (bis zu fünf) aus den Originalgebinden zwischenzeitlich automatisch und kontaminationsfrei für den Anwender erfolgen.

### **3. Zunehmende Verlagerung der Rechtssetzung auf die EU-Ebene**

#### *Neue EU-Richtlinien*

Mit den beiden EU-Richtlinien 2009/127/EG und 2009/128/EG sind Ende des Jahres 2011 harmonisierte Regelungen für neue und in Gebrauch befindliche Pflanzenschutzgeräte in Kraft getreten [14]. Daher steht auch für die Hersteller von Pflanzenschutzgeräten die Umsetzung dieser neuen europäischen Vorschriften im Vordergrund:

Besondere Bedeutung haben hierbei die so genannten „harmonisierten Europäischen Normen“. Die genannten EU-Richtlinien beinhalten keine detaillierten technischen Spezifikationen, sondern verweisen stattdessen auf die Spezifizierung der allgemeinen Anforderungen in „harmonisierten Europäischen Normen“. Die entsprechenden Normungsaktivitäten bei CEN und ISO sind in vollem Gange. Die CEN/TC 144/WG 3 der europäischen Normungsorganisation ist mit der Erarbeitung der harmonisierten Normen befasst.

#### *Prenormative Forschung – Voraussetzung für eine hochwertige Normung*

Normen spielen in der Landtechnik eine zentrale Rolle. Die Normung kann ihrer Aufgabe aber nur dann gerecht werden kann, wenn sie auf einer breiten und umfassenden Expertise aufbaut (alle relevanten Stakeholder müssen beteiligt sein) und sich auf eine wissenschaftlich fundierte/wissensbasierte Basis stützen kann. Fachleute behaupten, dass die Setzung von Limits/Leistungskriterien nicht in erster Linie durch die gesetzlichen Regelungen selbst (Regulierer) erfolgt, sondern insbesondere durch die Standards (Standardisierer) bestimmt wird.

Nachfolgend werden einige Beispiele von Arbeiten genannt, die entweder bereits im Vorfeld von Normungsarbeiten oder begleitend dazu durchgeführt wurden und deren Ergebnisse als ein wesentlicher Beitrag für eine hochwertige Normung angesehen wird:

- Testing of maize precision airplanters (MPAP) and listing in the JKI register “Drift reducing MPAP”
- Drift of aerial application of plant protection products on steep slopes in vineyards and forestry
- Water-friendly plant protection to conserve grown orchards landscapes in Germany
- Adjustment of the quantity of plant protection products according to the leaves density and the sprayer parameters in orchards
- Drift and penetration in arable farming by high speed application
- Testing and classification of cabs for tractors and self-propelled sprayers according to EN 15695-1/2
- Cleaning tests of sprayers according ISO 22368 and its input of new standards
- Developing test methods for the evaluation of drainable volume according to ISO procedure
- A new method for testing GPS based boom section switching systems
- Application of the revised EU Machinery Directive on knapsack sprayers by the new EN ISO 19932

## **Literatur**

- [1] Wygoda, H.-J., Ganzelmeier, H.: Im Schnellgang über den Acker. DLG-Mitt. (2011), H.5, S. 84-87.
- [2] Schenk, A., Schmidt, K., U. Tilinski: Weniger Wasser schneller fahren. dlz (2009), H.2, S. 62-66.
- [3] Kramer, H.: Weniger Wasser, weniger Mittel. DLG-Mitt. (2010), H.1, S. 52-55.
- [4] Garrelts, J.: Optimale Wirkung durch angepasste Wassermengen. ACKER+plus (2010), H.4, S. 6-11.
- [5] Koch, H.: Wie randscharf ist randscharf? DLG-Mitt. (2011), H.3, S. 70-73.
- [6] -, -: EN 15695-1: 2009. Agricultural tractors and self-propelled sprayers – Protection of the operator (driver) against hazardous substances – Part 1: Cab classification, requirements and test procedures.
- [7] Hinz, T., Zander, F. und H.-J. Osteroth: Normung – ein Weg zum besseren Schutz des Anwenders von Pflanzenschutzmitteln. Landtechnik (2012), H.1, S. 55-59.
- [8] Ziegler, P.-M.: Precision farming. c't (2011), H.3, S. 78-83.
- [9] Horstmann, J.: Geschlossene Systeme sind zum Scheitern verurteilt. Lohnunternehmen (2011), H.11, S. 24-27.
- [10] Herbst, A., Osteroth, H.-J. und M. Spranger: A new method for GIS based boom section switching systems. Aspects of Applied Biology 114 (2012), p. 137-142.
- [11] Herbst, A., Osteroth, H.-J., Spranger, M., Wehmann H.-J., Garrelts, J., Kramer, H., Knuivers, M., Bering, F und G. Hörner: Reinigen und Schalten: Was die moderne Automatik leistet. Top Agrar (2012), H.3, S. 124-137.
- [12] Balsari, P., Marucco, P., Nilson E., Wehmann, H.-J. und H. Ganzelmeier: Assessment of the efficiency of systems and procedure for the internal cleaning of sprayers. Aspects of Applied Biology 84 (2008), p. 209-215.
- [13] Michielsen, J.M.G.P., van de Zande, J.C., Wenneker, M., Stallinga, H. und P. van Velde: External loading of an orchard sprayer with agrochemicals during application. Aspects of Applied Biology 114 (2012), p. 151-157.
- [14] Ganzelmeier, H., Wehmann, H.J.: Forth European Workshop an Standardized Procedure for the Inspection of Sprayers in Europe -SPISE4-, Lana, March 27-29, 2012, Proceedings: Julius-Kühn-Archiv, in Bearbeitung.

## **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Ganzelmeier, Heinz: Nachhaltiger und schlagkräftiger Pflanzenschutz. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-9

### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043448>

### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/52.html>



## **Bewässerung und Beregnung**

Heinz Sourell, Schwülper

Joachim Eberhard,

National Centre for Engineering in Agriculture, University of Southern Queensland, Australia

Hans-Heinrich Thörmann,

Institut für Agrartechnologie und Biosystemtechnik, Johann Heinrich von Thünen Institut, vTI,  
Braunschweig

### **Kurzfassung**

Die Bewässerungstechniken haben sich nur im Detail weiterentwickelt. Die teilflächenspezifische Beregnung mit Kreisberegnungsmaschinen zeigt die innovativsten Entwicklungen. Es wird immer wieder versucht die Bewässerungssteuerung voranzutreiben. Die Normung der Drainage Techniken wird völlig neu überarbeitet.

### **Schlüsselwörter**

Beregnungstechnik, Bewässerungsmanagement, Teilflächenspezifische Beregnung, Oberflächenbewässerung, Verdunstung, Normung

## **Irrigation and Sprinkling**

Heinz Sourell, Schwülper

Joachim Eberhard,

National Centre for Engineering in Agriculture, University of Southern Queensland, Australia

Hans-Heinrich Thörmann,

Institute of Agricultural Technology and Biosystems Engineering, Johann Heinrich von Thünen Institut, vTI, Braunschweig

### **Abstract**

The irrigation techniques have been developed only in the detail. The site-specific irrigation with center pivots shows the most innovative developments. There is always trying to promote irrigation management. The standardization of drainage techniques will be completely redesigned.

### **Keywords**

Irrigation techniques, irrigation management, precision irrigation, surface irrigation, evaporation, standardization

## **Allgemeine Tendenzen**

Die Vegetationsjahre 2010, 2011 und 2012 waren sehr stark durch eine Frühjahrs- und Frühsommertrockenheit in Deutschland geprägt. Danach folgten Regenperioden mit Rekordwerten im August 2010 und auch 2011.

Die starken Witterungsunterschiede und der stärkere Anbau nachwachsender Rohstoffe (Mais) haben die Beregnungszeiten verändert. Teilweise beginnt die Beregnung von Raps und Getreide schon im April und Mais wird ab Ende Juni schon intensiv beregnet. Die Betriebe haben sich mit weiterer Beregnungstechnik verstärkt.

## **Entwicklungstendenzen im Einzelnen**

### *Beregnungsflächen*

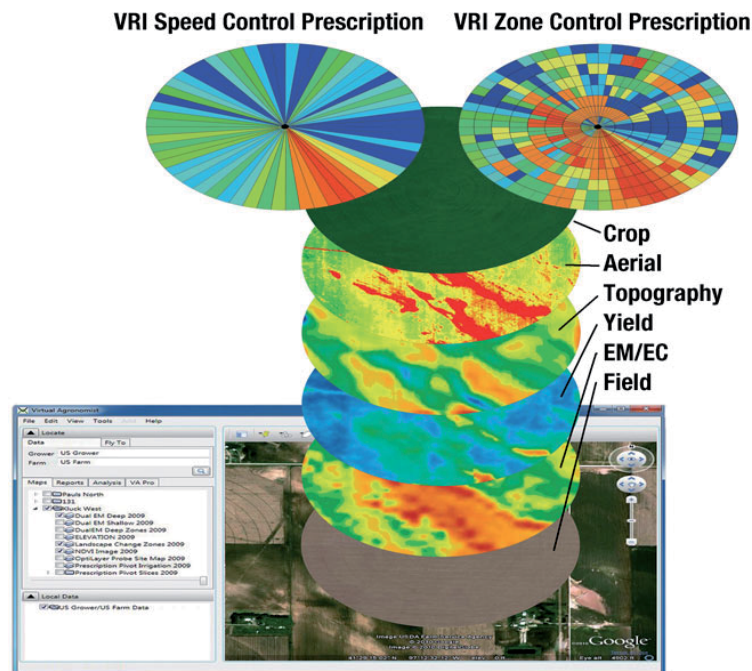
Die Beregnungsflächen haben sich seit der letzten Erhebung weiter ausgedehnt (2008 waren es 560.000 ha). Neue Erhebungsdaten liegen nicht vor. Es ist zu beobachten, dass nicht nur in den klassischen Beregnungsgebieten investiert wird, sondern auch an Standorten mit schwereren Böden. Es geht den Landwirten um die Ertragsabsicherung.

### *Bewässerungstechnik*

Für große **mobile Beregnungsmaschinen** mit Tandemachse wird eine lenkbare Hinterachse angeboten. Besonders beim Rein- und Rausfahren am Feldrand erlaubt die Lenkfunktion engeres Kurvenfahren ohne Radieren der Räder. Dadurch entstehen ein geringer Kraftaufwand bei der Kurvenfahrt und geringe Beschädigungen an den Pflanzen. Auch der kleinere Wendekreis kann bei engen Wegen von Vorteil sein. Hervorgehoben wird vom Hersteller, dass sich die Fahreigenschaften verbessert haben. Die lenkbare Tandemachse kann auch an vorhandene Beregnungsmaschinen nachgerüstet werden.

Über den Einsatz von **Kreis- und Linearberegnungsmaschinen** wurde schon mehrfach berichtet. Aber die Diskussion über die Vor- und Nachteile dieser Beregnungstechniken lässt nicht nach. Die größer werdenden Betriebe überlegen sehr genau, wie es mit der Beregnung zukünftig auf ihren Betrieben weitergeht. Im Vordergrund der Überlegungen stehen die Kosten und die Arbeitserledigung für die Beregnung.

Ein amerikanischer Hersteller von Großflächenberegnungsmaschinen, Valmont [1], hat das Konzept der variablen Beregnung in die Steuerungstechnologie der Kreisberegnungsmaschinen integriert. Hierdurch wird nicht nur die gängige Geschwindigkeitsregelung verbessert, sondern darüber hinaus bei entsprechender Ausrüstung der Regner oder Düsen mit Magnetventilen eine teilflächenspezifische Beregnung ermöglicht. Mit der Software können Beregnungsapplikationskarten erstellt werden, die eine Vielzahl von Daten wie Ertrag, Bodenart, Topographie, Pflanzen- und Bodennährstoffinformationen zusammenfassen und die Beregnung in über 5000 Teilflächen unter einer Kreisberegnungsmaschine individuell anpassen können (**Bild 1**).



**Bild 1:** Verschiedene Informationen sind zu einer Applikationskarte für eine Kreisberegnungsmaschine zusammengefasst [2]

**Figure 1:** Various information are combined into one application card for a center pivot irrigation machine [2]

Hierdurch wird die Automatisierung des Beregnungsmanagements von Kreisberegnungsmaschinen weiter vorangetrieben und vereinfacht. Die Erfassung von zeitnahen (online) Boden- und Pflanzeninformationen ist die nächste, entscheidende Hürde zur automatisierten, bedarfsgerechten Beregnung.

In der Grünlandwirtschaft im Süden von Australien ist die **Beckenbewässerung** (mit Abfluss) immer noch sehr populär, weshalb gegenwärtig Versuche laufen, die Effizienz dieses Bewässerungsverfahrens zu steigern (**Bild 2**). Da die Beckengröße als mehr oder weniger gegeben angesehen wird, bleibt lediglich die Zuflussrate, welche variiert werden kann. Die zugrunde liegenden Überlegungen setzten darauf, dass das Becken bei der Beckenbewässerung im Prinzip einer überdimensionalen Furche in der Furchenbewässerung gleicht. Hierdurch sollten generell die gleichen Modelle und Messverfahren eingesetzt werden können. Untersuchungen des Landwirtschaftsministeriums von Victoria, Australien, bei denen Messungen im Feld mit Daten von Bewässerungsmodellen verglichen wurden, zeigten, dass eine Verdoppelung des Wasserzuflusses lediglich bei leichteren Bodenarten zu einer Wassereinsparung führte. Bei schwereren Tonböden jedoch veränderte sich die Infiltrationskapazität nicht und lediglich die Arbeitszeiterparnis durch kürzere Bewässerungszeiten kann als Vorteil gesehen werden [3].



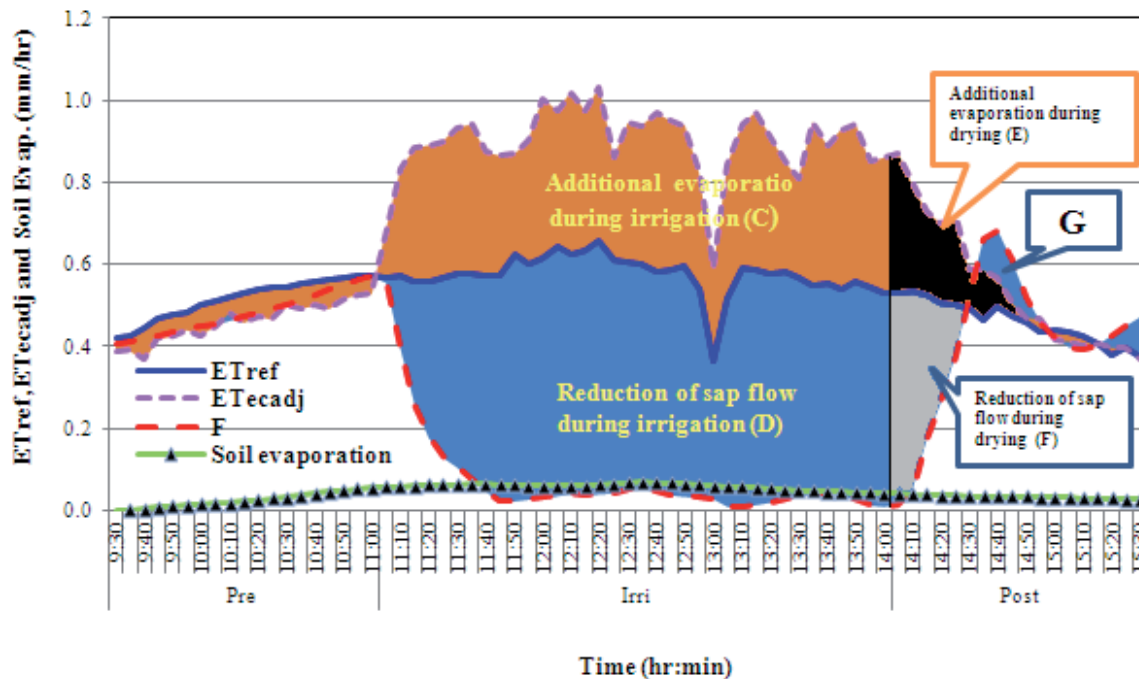
**Bild 2:** Wasserverteilung bei der Beckenbewässerung  
**Figure 2:** Water distribution in the basin irrigation

Die Automatisierung der arbeitsintensiven **Furchenbewässerung** bleibt ein aktuelles Thema. Nachdem sich einige Verfahren zu etablieren beginnen, die die Wasserzufuhr zu den Furchen mechanisieren, wie z.B. wandlose Kanalbewässerung (bankless channel irrigation), perforierter Schlauchzulauf (gated pipe) oder „perforierter Kanal“ (pipe through the bank), ist der nächste Schritt zur vollen Automatisierung die rechtzeitige Beendigung des Wasserzulaufes. Hierzu ist es erforderlich, den Zeitpunkt abzuschätzen, wann das Wasser das Ende der Furchen erreicht. Die Messung direkt am Furchenende wäre technisch sehr einfach, würde jedoch zu relativ hohen Recyclingraten (Wasser das aus den Furchen hinausläuft und wiederverwertet werden sollte) führen. Die Modellierung der Geschwindigkeit des Wassers in der Furche hat in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht und erfordert zwischenzeitlich lediglich eine Messstelle entlang der Furche. Hierdurch können der Kapitalbedarf und die Komplexität des Verfahrens auf ein Minimum reduziert werden und so hoffentlich die Einführung in die Praxis beschleunigen [4].

Nicht überall besteht die Möglichkeit mit Strom die Pumpen anzutreiben. Die **Dieselaggregate** haben sich in den letzten Jahren erheblich energetisch verbessert. Für einen Volumendurchfluss von 60 m<sup>3</sup>/h und einen Betriebsdruck 10 bar am Pumpenbogen wird ein Leistungsbedarf von 18 kW angegeben. Dies entspricht einem spezifischen Leistungsbedarf von nur 0,3 kW/m<sup>3</sup>. Ein sehr niedriger Wert. In der Vergangenheit lag dieser Wert zwischen 0,5 und 0,8 kW/m<sup>3</sup>. Ferner sind die fahrbaren Dieselaggregate mit 1000 l Dieseltank ausgerüstet. Selbst die Lackierung wird dem Farbwunsch des Bestellers angepasst.

**Verdunstungsverluste** bei der Überkopfberegnung in beregnungsintensiven Kulturen tauchen immer wieder als Thema in der Diskussion auf. Wasserverluste von bis zu 45 % in Versuchen werden genannt, wobei theoretische Überlegungen vernachlässigbare Größenordnungen nahelegen. Die Kombination des in der Umweltforschung häufig verwendeten Eddy-Kovarianz Messsystems mit traditionellen Messverfahren wie der Saftstrommessung und klimatische Verdunstungsberechnung zur Bestimmung der Verdunstungsrate von Pflanzen ermöglicht eine genauere Differenzierung, der bei der

Beregnung auftretenden Arten von Verdunstungsverlusten. Obwohl immer noch nicht eine Unterscheidung zwischen Verdunstungsverlusten in der Luft und von Blattoberflächen möglich ist, konnte bestätigt werden, dass während der Beregnung die Verdunstung um bis zu 80 % über den erwarteten Evapotranspirationswerten (ET<sub>c</sub>) liegt. Nach Beendigung der Beregnung fällt die Verdunstungsrate innerhalb kurzer Zeit (ca. 1 Stunde) auf ET<sub>c</sub> ab (**Bild 3**). In diesem Zeitraum liegt die Verdunstung im Schnitt etwa 20 % höher. Wird nach der Wasserbilanz berechnet, kann es notwendig sein, diese Verluste zu berücksichtigen [5].



**Bild 3:** Verlauf der Verdunstungsverluste während der Beregnung (brauner Bereich).

Referenz ET (ET<sub>ref</sub>), aktuelle ET (ET<sub>ecadj</sub>), Saftstrom (F) am Beispiel Drehstrahlregner Typ DOY 103

**Figure 3:** Course of the evaporation losses during irrigation (brown field).

Reference ET (ET<sub>ref</sub>), actual ET (ET<sub>ecadj</sub>) and sapflow (F) on example impact sprinklers on DOY 103

### Bewässerungssteuerung – Beregnungsberatung

Die Steuerung von Bewässerungsgaben ist die wichtigste Voraussetzung für einen gezielten und sparsamen Wassereinsatz.

Der Markt ist voll von klimatischen Wasserbilanzmodellen und Bodenfeuchtesensoren. Es ist schwer für den Landwirt das richtige Modell oder das richtige Gerät auszuwählen. Es wird ein Verfahren gesucht, das nach objektiven Kriterien zuverlässig und mit einfacher Handhabung arbeitet. In den letzten Jahren trat die Diskussion um die gute Beregnungssteuerung wieder in den Vordergrund. Auch das Programm des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (BMELV) mit der „Förderung von Innovationen für einen effizienten und nachhaltigen Umgang mit der Ressource Wasser“ wird sicherlich neue Impulse für ein attraktiveres Bewässerungsmanagement liefern, das die Landwirte akzeptieren können.



Die Ausrüstung der Sensoren mit einer drahtlosen Verbindung zum Handy, PDA oder zum Internet sollte kritisch geprüft werden. Denn oft wird mehr über die Datenfernübertragung berichtet oder beraten und der eigentliche Zweck, die Bodenfeuchtemessung, steht im Hintergrund.

Das **Internet** spielt auch in der landwirtschaftlichen Beregnung eine immer größere Rolle. So wurde im Rahmen einer Initiative der Landesregierung von Queensland, Australien, zur Steigerung der Bewässerungseffizienz der Landwirtschaft ein Portal entwickelt, das eine Vielzahl von Information und Anwendungen für die Beratung, als auch dem einzelnen Landwirt bereitstellt. So gibt es neben regionalen Statistiken zur Beregnung (Beregnungsbedarf verschiedener Kulturen) und Informationsquellen zur Bewässerung und Beregnung auch Anwendungen zur Erfassung und Auswertung von Leistungsdaten, wie z. B.:

- von individuellen Beregnungsmaschinen und Beregnungspumpen,
- Anwendungen zur Erfassung des Energieverbrauches auf Betriebsebene,
- Anwendungen zur Kalkulation des Beregnungsbedarf auf Betriebsebene,
- sowie ein Beregnungstagebuch, das die Beregnungsplanung auf Basis der klimatischen Wasserbilanz ermöglicht.

Durch diese Zentralisierung in einem Internetportal muss sich der Anwender nicht mehr mit einer Vielzahl von Einzelprogrammen und deren Datensicherung auseinandersetzen. Die zentrale Datenerfassung ermöglicht zudem die Erstellung von regionalen Leistungs- und Vergleichsdaten die besonders dem einzelnen Landwirt helfen sollen, die Leistungsfähigkeit der eigenen Beregnungssysteme einzuschätzen [6].

In Deutschland hat sich der überregionale Bundesfachverband für Feldberegnung aufgelöst.

Neu gegründet wurde die „Koordinierungsstelle für Bewässerung in Deutschland“ [7]. Auf dieser Internetplattform werden Informationen bereitgestellt, aber es können auch Fragen zu dem Bereich der Bewässerung im weitesten Sinne gestellt werden. Experten versuchen diese Fragen zu beantworten, oder an Fachleute weiterzuleiten. Die Koordinierungsstelle hat erst vor einem Jahr mit der Arbeit begonnen, daher müssen sich noch einige Pfade einstellen.

### *Normung*

Die Normungsarbeiten des Arbeitsausschusses Bewässerung im Normenausschuss Wasserwesen (NAW) im DIN werden kontinuierlich fortgesetzt. Neu aufgenommen wurden die Arbeiten zur Dränage. Eine ältere Norm „DIN 1185 Dränung - Regelung des Bodenwasser-Haushaltes durch Rohrdränung, Rohrlose Dränung und Unterbodenmelioration“ bestand aus fünf Teilen und wird aktuell komplett überarbeitet.

In der Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA) wird aktuell ein Merkblatt „Richtlinien für die wasserwirtschaftliche Bewertung von Anträgen zur Bewässerung“ (Arbeitstitel) erarbeitet. Das Merkblatt soll bundesweit gültig sein und u.a. den Wasserwirtschaftsämtern eine Hilfestellung für die Genehmigung von Beregnungswasser sein.



## **Zusammenfassung**

Die Häufigkeit der warmen trockenen Perioden im Jahr scheint zuzunehmen. Die Beregnungsflächen weiten sich kontinuierlich aus. Die Vielfalt der technischen Bewässerungsangebote war noch nie so groß wie heute. Es lässt sich für jeden Anwendungsfall eine Lösung finden.

Genauso wichtig wie die eingesetzte Technik ist die Einsatzsteuerung der Bewässerungstechnik. Auch hier für besteht ein sehr großes Angebot – von Klimatischen Wasserbilanzmodellen bis zu Bodenfeuchtesensoren – auf dem Markt. Bisher fehlt noch der Wille zum Einsatz. Durch Verstärkung der Beratung könnte hier ein Einstieg gefunden werden.

## Literatur

- [1] <http://www.valley-de.com>
- [2] <http://www.valleyirrigation.com/page.aspx?id=2342&pid=42>
- [3] <http://www.dpi.vic.gov.au/agriculture/about-agriculture/newsletters-and-updates/ag-in-focus/ag-in-focus-autumn-2012/fast-flow-a-time-saver>
- [4] Koech, R. K. and Smith, R. J. and Gillies, M. H. (2011) Design of an automatic furrow irrigation system utilising adaptive real-time control. In: In: SEAg 2011: Diverse Challenges, Innovative Solutions, Proceedings of the 2011 SEAg Conference. ISBN 978 0 85825 982 9 Engineers Australia, September 2011 S. 288-298.
- [5] Uddin, J. and Smith, R. J. and Hancock, N. H. and Foley, J. (2011) Eddy covariance measurements of the total evaporation during sprinkler irrigation - preliminary results. In: SEAg 2011: Diverse Challenges, Innovative Solutions, Proceedings of the 2011 SEAg Conference. ISBN 978 0 85825 982 9 Engineers Australia, September 2011, S. 506-516.
- [6] <https://kmsi.usq.edu.au/>
- [7] <http://www.koordinierungsstelle-bewaesserung.de/>

## **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Sourell, Heinz; Eberhard, Joachim; Thörmann, Hans-Heinrich: Bewässerung und Beregnung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-8

### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043450>

### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/53.html>

## **Halmgutmähen und Halmgutwerben**

Dennis Jünemann

Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Technische Universität Braunschweig

### **Kurzfassung**

Der Markt für die Maschinen zum Halmgutmähen und Halmgutwerben hat sich nach der Krise in den Jahren 2008 bis 2010 wieder deutlich erholt. Ersatzbeschaffungen und die Investition in Maschinen mit höherer Schlagkraft haben zu hohen Verkaufszahlen geführt. Der Bereich der Mähwerke, Wender und Schwader hat sich im Berichtszeitraum durch eine große Anzahl an Innovationen ausgezeichnet. Die Entwicklungen führen zu einer kontinuierlichen Verbesserung dieser Maschinen in den Bereichen Prozessqualität, Bedienung und Erhöhung der Effizienz der Verfahrenskette.

### **Schlüsselwörter**

Mähwerke, Wender, Schwader

## **Mowing and Treatment of Hay**

Dennis Jünemann

Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, Technische Universität Braunschweig

### **Abstract**

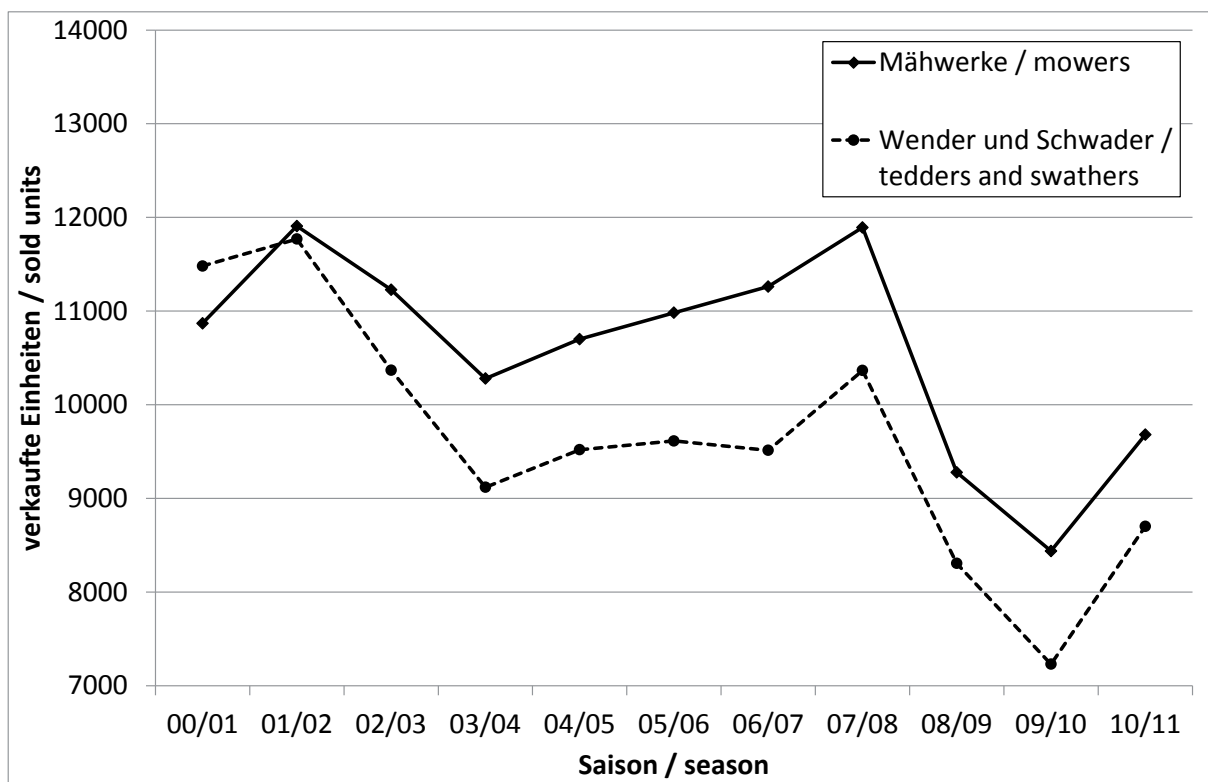
The market for machinery for mowing and treatment of hay has considerably recovered after the market break in the years 2008 to 2010. The replacement of older machines and the investment in new machines with enhanced performance has increased the sales volume. The product range of mowers, tedders and swathers is characterised by many innovations in the last few years. The evolutions of this machines leads to continuous improvements in process quality, handling and higher efficiency of the process chain.

### **Keywords**

Mowers, tedders, swathers

## Marktentwicklung

Die in Deutschland produzierte Stückzahl von Mähwerken, Wendern und Schwadern ist im Jahr 2011 deutlich angestiegen und spiegelt damit die Entwicklung bei anderen Landmaschinen wieder. Im Vergleich zu 2010 stieg die Stückzahl in Deutschland produzierter Mähwerke um 25 % auf 18.474 Stück [1]. Auch bei Schwadern und Wendern gab es eine ähnliche Entwicklung. Die Stückzahl ist um 23 % auf 19.039 Stück gestiegen [1]. Ebenso zeigt der deutsche Markt eine positive Entwicklung. Die Verkaufszahlen in Deutschland in der Saison 2010/11 sind bei Mähwerken um knapp 15 % und bei Wendern und Schwadern um etwa 20 % gestiegen (**Bild 1**). Bei der Betrachtung der Verkaufszahlen der letzten Jahre wird jedoch deutlich, dass es sich um eine Erholung nach dem starken Einbruch zwischen 2008 und 2010 handelt und die Verkäufe noch unterhalb des Niveaus der Jahre vor dem Einbruch liegen. [2]



**Bild 1:** Absatzzahlen von Mähwerken, Wendern und Schwadern in Deutschland erstellt nach [2]

**Figure 1:** Sales of mowers, tedders and swathers in Germany according to [2]

Nach [1] hängen die Investitionen in Heuerntemaschinen direkt mit dem Milchpreis zusammen und sind in den Jahren 2007 bis 2009 ähnlich stark geschwankt. Seit 2010 führen Ersatzbeschaffungen und die Investition in Maschinen mit höherer Schlagkraft wieder zu deutlich höheren Verkaufszahlen. Unter anderem aufgrund der hohen Auftragseingänge bis Ende 2011, gestützt durch den guten Milchpreis und durch Aufstockung der Händlerlager wird für die Saison 2011/12 erwartet, dass die Verkaufszahlen wieder annähernd das Niveau vor dem Einbruch erreichen können. Die verkauften Maschinen haben dabei eine deutlich

höhere mögliche Flächenleistung. Ein Anstieg von etwa 15 % für die laufende Saison 2011/12 wird erwartet. [1; 6]

Das Marktvolumen in Deutschland gemessen am Warenwert stieg für die Mähwerke von 2010 auf 2011 um 32,4 % auf 98,1 Mio. € und für Wender und Schwader um 26,5 % auf 99,2 Mio. €. Auch der exportierte Warenwert der genannten Maschinen stieg um 36,8 % (Mähwerke) bzw. 32,5 % (Wender und Schwader). Der Exportanteil bezogen auf den in Deutschland produzierten Warenwert betrug 2011 knapp 70 %. Im Vergleich zur Entwicklung der gesamten Landtechnik-Branche lagen die Heuerntemaschinen bei den genannten Zahlen damit leicht über dem Durchschnitt. Für die Saison 2012/13 wird wiederum mit sinkenden Zahlen gerechnet. Als Indikator dafür wird der tendenziell unter Druck stehende Milchpreis angesehen. [1]

### **Mähwerke**

Bei den Mähwerken zeigt sich ein Trend hin zum Einsatz von schlagkräftigen Front-Heck-Kombinationen mit geringem Leistungsbedarf. Dies bezieht sich sowohl auf Kombinationen aus einem Front- und einem Heckmäherwerk als auch auf Triple- bzw. Butterflykombinationen. Diese Kombinationen werden üblicherweise mit Traktoren ab etwa 74 kW gefahren. Die neuen Triplekombinationen verfügen teilweise über die Möglichkeit die Überlappung der Mähwerke einzustellen, um nicht gemähte Bereiche bei Kurvenfahrt oder beim Mähen am Hang zu vermeiden. Sind die im Heck angebauten oder angehängten Mähwerke als Mähaufbereiter ausgeführt, ist heute bei den meisten Herstellern die Ausstattung mit Querförderbändern möglich, die das gemähte Gut der gesamten Mähwerksbreite auf ein Schwad zusammenführen können. Zunehmenden Einsatz finden die Querförderbänder bei Mähwerken mit großer Arbeitsbreite beim Mähen von Halmgut zur Biogasgewinnung (z. B. Grünroggen). Werden die Querförderbänder bei Auf- und Abfahrt wechselseitig betrieben, kann ein großes breitgestreutes Schwad erzeugt werden (**Bild 2**), das mit einem Großflächenschwader in einer Überfahrt zu einem schmalen Schwad zusammengeführt wird. Dies ermöglicht es in einem Arbeitsgang mit dem Schwader zwei komplette Mähwerksbreiten einer Triplekombination in einem Schwad futterschonend zu kombinieren. Beim Einsatz von Vier-Kreisel-Schwadern kann mit diesem Verfahren gemähtes Gut von über 20 m Arbeitsbreite in einem Schwad abgelegt werden. Dies führt zu einer deutlich verbesserten Auslastung nachfolgender selbstfahrender Feldhäcksler und zu einer Leistungssteigerung der gesamten Häckselkette. Noch stärkere Schwaden sind durch den Einsatz eines selbstfahrenden Mähaufbereiters mit Schwadzusammenführung mit einem nachfolgenden 6-Kreisel-Schwader möglich. [5; 6; 7]

Im Bereich der Bodenanpassung der Mähwerke sind Systeme entwickelt worden, die eine Regelung des Auflagedrucks ermöglichen. Krone bietet für die Heckmäherwerke der neuen Triplekombination EasyCut B 1000 CV die Auflagedruckregelung Combi Float an. Mit diesem hydropneumatischen System wird ein konstanter Auflagedruck der Mähwerke auch bei welligem Untergrund über eine Entlastung durch die Auslegerzylinder erreicht. Traktorseitig ist ein hydraulischer Vor- und Rücklauf erforderlich. Bei steigendem Druck im System wird über den Rücklauf Öl zum Traktor aus dem System abgegeben. Bei sinkendem Druck wird



ein Ölvolumenstrom vom Traktor in das System geleitet, um den Druck auf den vorgegebenen konstanten Wert einzuregulieren. Ein Ölumlaufl von der Schlepperhydraulik ist erforderlich. Beim Betrieb an einem Load-Sensing-System muss traktorseitig nur die tatsächlich benötigte Ölmenge gefördert werden. Die Einstellung des gewünschten Auflagedrucks erfolgt durch den Fahrer über ein Bedienterminal. Als weitere Innovation im Bereich der Mähwerke wird die automatische Teilbreitenschaltung gesehen. Diese ermöglicht ein GPS-gestütztes Ausheben der Mähwerke an den Bestandskanten. [10; 11; 12]

Eine ähnliche Funktionalität wie das Combi Float System bietet die bereits traktorseitig installierte Druckentlastungsregelung PRC (Pressure Relief Control) von Fendt an. Dieses System ermöglicht eine optimale Boden Anpassung von bodengeführten Frontanbaugeräten wie z. B. Frontmähwerken. Bei diesem System kommt zum bisherigen System des Frontkrafthebers hubseitig ein zusätzliches elektrisch angesteuertes Proportional-Druckbegrenzungsventil hinzu. Über das Wegeventil des Frontkrafthebers wird ein definierter Volumenstrom eingestellt, der bei Überschreiten des vorgegebenen Entlastungsdrucks über das Druckbegrenzungsventil zum Tank abgedrosselt wird. [11; 13]

Bei vielen neu vorgestellten Scheibenmähwerken sind hydropneumatische Systeme zur Entlastung des Mähbalkens verfügbar. Bei den meisten Systemen wird der Öldruck im Entlastungssystem manuell vom Traktor aus eingestellt. [4; 14; 15]



**Bild 2:** Mähauflbereiterkombination bei wechselseitigem Einsatz der Querförderbänder [8]

**Figure 2:** Mower-conditioner during alternating operation of the cross conveyors [8]



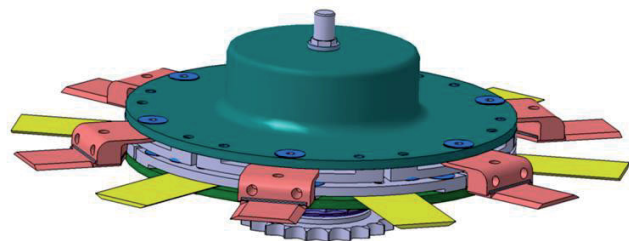
Pöttinger bietet bei einigen Heckmäherwerken eine so genannte hydraulische Unterlenkerwippe an. Um den Anbau im Traktordreipunkt zu vereinfachen, kann der in Fahrtrichtung linke Unterlenkerkoppelpunkt am Anbaubock des Mähwerks nach oben oder unten verschwenkt werden. Ein Verstellen der Unterlenker des Traktors über die Spindeln der Hubwerksstreben ist nicht mehr erforderlich. [17]

Von Lely wurde ein neues 5,50 m breites gezogenes Scheibenmäherwerk ohne Aufbereiter vorgestellt. Das Splendimo 550 P besteht aus zwei 2,80 m breiten Mähbalken, die an einem Rahmen aufgehängt sind. Das Fahrwerk ist hinter der Mäheinheit angeordnet. Zum Straßentransport werden die beiden Mähbalken nach vorne geschwenkt. Für den Betrieb des Mähwerks sollen 66 kW Antriebsleistung ausreichen. [18]

Von JF-Stoll werden Scheibenmäherwerke mit vollständig glatter Unterseite des Mähbalkens angeboten. Laut Herstellerangaben soll die Grasnarbe dadurch beim Mähen geschont werden und ein schnelleres Nachwachsen gefördert werden. [19]

Die Überlastsicherung DriveGuard von Fella trennt die Mähscheibe bei Hinderniskontakt vom Antriebsstrang des Mähwerks. Dabei erfolgt der Antrieb der Scheiben über zwei coaxial angeordnete Ringe mit unterschiedlichem Durchmesser. Die Ringe sind über Stege miteinander verbunden. Bei einem Blockieren der Mähscheibe scheren die Stege zwischen den Ringen ab und die Scheibe ist vom Antriebsstrang getrennt. Die Scheibe selbst bleibt mit dem Mähbalken verbunden. Eine zerstörte Überlastsicherung kann in wenigen Minuten ausgewechselt werden. [5]

In [20] werden Versuche zur Auswirkung des Klingenschleißes auf die Arbeitsqualität und den Energiebedarf beschrieben. Bei den Versuchen wurden scharfe, mittelscharfe und stumpfe Klingen miteinander verglichen. Unter den gegebenen Versuchsbedingungen konnten auch mit stumpfen Klingen keine signifikanten Unterschiede bei der Arbeitsqualität festgestellt werden. Deutliche Unterschiede zeigten sich jedoch beim Kraftstoffverbrauch. Ohne Berücksichtigung des Fahrantriebs ist der Kraftstoffverbrauch unter den gegebenen Versuchsbedingungen bei der Verwendung von stumpfen Klingen um bis zu 86 % angestiegen. Der Einsatz neuer Klingen kann sich also sehr schnell über den verringerten Leistungsbedarf, der zu verringertem Kraftstoffverbrauch oder erhöhter Flächenleistung führen kann, amortisieren.



**Bild 3:** Überlagerndes Schnittprinzip beim Scheibenmäherwerk [21]

**Figure 3:** Overlaying cutting principle in a disc mower [21]

Auch bei einem am Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge laufenden Forschungsprojekt ist die Effizienzsteigerung ein Teilaspekt der Motivation. In diesem Projekt wird ein überlagerndes Schnittprinzip als alternatives Verfahren beim Scheibenmähwerk untersucht. Neben der Reduzierung der Antriebsleistung durch einen effizienteren Schnitvorgang sind die Erhöhung der Schnittqualität und die Nachbildung des Schnitvorgangs in einem Simulationsmodell weitere Ziele des Projekts. Derzeit wird am Institut ein Versuchsträger aufgebaut (**Bild 3**) und mit Messtechnik ausgestattet, um Parameter wie Klingenkraft, Messerauslenkung und Antriebsleistung bestimmen zu können. Beim Versuchsträger wird das überlagernde Schnittprinzip durch gegenläufig rotierende mit Messern bestückte Scheiben realisiert. Der Antrieb erfolgt über Hydromotoren, die Drehzahlen der Messerscheiben können unabhängig voneinander eingestellt werden. [21]

Mit dem Thema der Wildtierrettung beim Mähen hat sich das bis Ende 2011 laufende Verbundprojekt "Entwicklung und Erprobung eines Trägersystems mit Sensortechniken zur Auffindung wild lebender Tiere beim Mähen landwirtschaftlicher Flächen - Wildretter" unter Beteiligung von Claas beschäftigt. Motivation des Projektes war es, dass Schätzungen zufolge in Deutschland jährlich 100.000 Rehkitze bei Mäharbeiten zu Schaden kommen. Die jungen Tiere besitzen ein instinktives Drückverhalten zum Schutz vor natürlichen Feinden, so dass sie vom Fahrer der Mähmaschinen nicht erkannt werden können. Ziel des Projektes war die Entwicklung eines verbesserten Sensorsystems, dass die zuverlässige Erkennung von Rehkitzen auch bei hoher Sonneneinstrahlung ermöglicht. Bisherige erhältliche tragbare Systeme können dies nur zuverlässig in den frühen Morgenstunden und bei bedecktem Wetter. Ebenso ist die Flächenleistung bei der Begehung der Flächen zu gering. [22]

## **Kreiselzettwender und Kreiselschwader**

### *Kreiselzettwender*

Bei den Zettwendern setzt sich der Trend zu größeren Arbeitsbreiten ebenfalls fort. Gleichzeitig soll aber die Verwendung von kleinen und leichten Zugtraktoren möglich sein. Daher findet man bei mittleren Arbeitsbreiten, die prinzipiell noch einen Dreipunktanbau erlauben würden, tendenziell Transportfahrwerke, um die Hubkraft- bzw. Achslastanforderungen an die Traktoren gering zu halten. [5; 23]

Mit dem KWT 2000 (**Bild 4**) hat Krone einen Kreiselzettwender auf den Markt gebracht, der mit 18 Kreiseln eine Arbeitsbreite von 19,6 m erreicht. Die Antriebswellen zwischen den Kreiseln sind über Achtfingergelenke verbunden. Das zwangsgelenkte Transportfahrwerk des Wenders befindet sich vor den Kreiseln. Beim Straßentransport folgt der Wender der Traktorspur, bei Kurvenfahrten in Arbeitsstellung schlagen die Räder des Fahrwerks in die gleiche Richtung wie die Räder der einzelnen Kreisel ein, um die Grasnarbe zu schonen. [5]

Weitere Ansätze zur Verbesserung der Prozessqualität durch verminderte Futterschmutzung lassen sich unter anderem bei Pöttinger finden. Beim Zettwender Hit 10.11 T bleibt das Transportfahrwerk auch in Arbeitsstellung auf dem Boden und übernimmt zusätzlich die Führung der Kreisel. Beim Ausheben am Vorgewende stellen sich zunächst die Kreisel waagrecht, um das Einstechen und das Kratzen der Zinken auf dem Boden zu

verhindern. Die beiden äußeren Kreisel können nach hinten geschwenkt werden, um eine Randstreifefunktion zu ermöglichen. [5]



**Bild 4:** Kreiselzettwender Krone KWT 2000 mit 19,6 m Arbeitsbreite [9]

**Figure 4:** Rotary Tedder Krone KWT 2000 with 19,6 m working width [9]

#### *Schwader*

Auch bei den Schwadern finden sich zahlreiche Weiterentwicklungen mit dem Ziel der Verbesserung der Bedienbarkeit und der Prozessqualität. Mit einer Raumenkerachse bei der Lagerung der Kreiseltragarme beim Zweikreiselmittelschwader Top 972C erreicht Pöttinger, dass die Kreisel nach hinten und oben ausheben. Die Drehachse der Auslegerarme ist nach hinten geneigt. Beim Anheben der Kreisel heben dadurch zuerst die vorderen und anschließend die hinteren Zinken der Kreisel aus, um einen Bodenkontakt der Zinken zu verhindern. Die Aushubhöhe beim Wenden am Vorgewende soll durch die geänderte Kinematik ebenfalls erhöht werden. Die Fahrwerke der Kreisel werden durch Zugfedern entlastet. [24]

Wie beim 4-Kreisel-Schwader TOP 1252 C von Pöttinger sind zunehmend Vorgewendemanagementsteuerungen zu finden. Bei Pöttinger arbeitet dieses System mit einem Induktivsensor im linken Transportrad, der die notwendigen Signale über die zurückgelegte Strecke liefert. Die Kreisel werden weggesteuert ausgehoben. Der Antrieb der hinteren Kreisel erfolgt bei dieser Maschine mechanisch, die vorderen, äußeren Kreisel werden hydraulisch angetrieben. Die hydraulische Versorgung erfolgt geräteseitig. Dadurch wird eine flexiblere Positionierung der äußeren Kreisel möglich, da der starre Antrieb über eine Gelenkwelle entfällt. Pöttinger nutzt dies, um in den vorderen Auslegerarmen jeweils zwei Knickgelenke zu integrieren. Dadurch können die vorderen Kreisel auch während des Betriebes an den Hauptrahmen herangeschwenkt werden, um z. B. Hindernisse zu umfahren. Zudem erlauben die Knickgelenke eine niedrigere Transportstellung der Kreisel.



Eine Transporthöhe von unter 4 m kann ohne das Abnehmen von Zinkenträgern erreicht werden. [27]

Ein neues Fahrwerkskonzept für Schwader hat Lely mit dem Vierkreiselschwader Hibiscus 1515 CD Profi eingeführt (**Bild 5**). Bei diesem Modell befinden sich die beiden Räder des Transportfahrwerks am Ende eines jeweils von der Zugdeichsel aus nach hinten laufenden Fahrgestellträgers, die in Arbeitsstellung V-förmig nach außen geschwenkt werden. Über den Transporträdern befindet sich an jedem Auslegerarm die Aufhängung für jeweils zwei Kreisel und ein Verteilgetriebe für den Kreiselantrieb. Die Spurweite des Schwaders in Arbeitsstellung beträgt durch dieses Konzept bis zu 8 Meter. In Transportstellung werden die Auslegerarme zusammengeschwenkt. Dadurch wird die V-Form der Ausleger schmaler und eine Transportbreite von 2,50 m wird erreicht. Die Arbeitsbreite beträgt 9 bis 15 m. Dadurch, dass die Transporträder auf jeder Seite jeweils zwischen zwei Kreiseln angeordnet sind, soll sich der Schwader besser an Bodenkonturen anpassen können. [5; 25]



**Bild 5:** 4-Kreisel-Schwader Lely Hibiscus 1515 CD Profi mit neuem Fahrwerkskonzept [26]

**Figure 5:** 4-rotary rake with new undercarriage concept [26]

Dass elektrische Antriebe in der Zukunft auch bei Halmgutwerbungsmaschinen denkbar sind, hat Pöttinger mit dem Funktionsmuster eines Schwaders mit elektrisch angetriebenem Kreisel gezeigt. Das Funktionsmuster ist ein Einkreiselschwader, dessen Kreisel von einem 12 kW Elektromotor angetrieben wird. Die Versorgung mit elektrischer Energie wurde traktorseitig bereitgestellt. Bei der Verwendung dieser Antriebstechnologie werden als Kundennutzen gesehen, dass die Kreiseldrehzahl dem Prozess optimal angepasst werden

kann und dadurch Qualitäts- und Massenverluste verringert werden können. Ebenso könnten bei Mehrkreiselschwadern die Kreiseldrehzahlen unabhängig voneinander an den Prozess angepasst werden. Die Effizienz des Antriebsstrangs soll dabei höher sein, als dies mit einem hydraulischen Antrieb möglich wäre. Weiterhin werden die Diagnosefähigkeit und der Wegfall der Gelenkwellen als Vorteile gesehen. [28]

Um die Prozessqualität der Maschinen zur Heuwerbung zu bestimmen gibt es verschiedene Methoden. Die Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART hat zusammen mit der Universität Kassel einen Methodenvergleich bei der Bestimmung von Bröckelverlusten von Halmgut durchgeführt. Neben der Differenzmethode, bei der die Futtererträge nach den jeweiligen Bearbeitungsschritten gewogen werden und der Saugermethoden, bei denen die auf der Fläche verbleibende lose organische Masse aufgesaugt und bestimmt wird, gibt es einige Untersuchungen, die Verluste unter standardisierten Bedingungen zu erfassen. Die ART und die Universität Kassel haben ein weiteres Verfahren entwickelt, das praxisnahe Messungen erlaubt und einfach handhabbar sein soll. Dabei werden Holzbretter mit Kunststoffborsten, welche die Stoppeln nachbilden, nach der Mahd auf der zu beprobenden Fläche ausgelegt und die nach den Bearbeitungsgängen auf den Brettern verbleibende organische Masse bestimmt. Das neue Verfahren wurde mit einem Saugerverfahren verglichen. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Methoden festgestellt werden. [29]

## **Zusammenfassung**

Seit Erscheinen des letzten Jahrbuchbeitrags zum Themenbereich Halmgutmähen und Halmgutwerben zeichnen sich Mähwerke, Wender und Schwader durch eine große Anzahl an Innovationen aus, die zu einer kontinuierlichen Verbesserungen dieser Maschinen in den Bereichen Prozessqualität, Bedienung und Erhöhung der Effizienz der Verfahrenskette beitragen können. So können viele Mähwerke mittlerweile mit hydropneumatischen Mähwerksentlastungen, teilweise mit aktiver Auflagedruckregelung, ausgerüstet werden. Bei Triple Mähwerken geht der Trend aufgrund der besseren Gewichtsverteilung hin zur aufgelösten Bauweise. Große Triplekombinationen mit Aufbereitern können mit Querförderbändern ausgerüstet werden, um die Verfahrenskette zu optimieren. Sowohl bei Mähwerken als auch bei Wendern gibt es einen Bedarf nach Maschinen, die trotz großer Arbeitsbreite bzw. Schlagkraft mit leichten Traktoren betrieben werden können. Bei Wendern wird diesem Bedarf mit Transportfahrwerken Rechnung getragen. Bei Schwadern wurde an der verbesserten Bodenanpassung durch weiterentwickelte Fahrwerkskonzepte und an der optimierten Aushebung der Kreisel gearbeitet. Der Markt für die beschriebenen Maschinen hat sich nach der Krise erholt. Für die Saison 2011/12 wird mit einer positiven Entwicklung gerechnet.

## **Literatur**

- [1] -, -: VDMA Landtechnik: Wirtschaftsbericht 2012. Frankfurt 2012.
- [2] -, -: VDMA Landtechnik: Verkäufe von Erntemaschinen in Deutschland. Stand Juni 2012.
- [3] Rath-Kampe, J.: Für hohe Futterqualität - Trends beim Mähen, Zetten und Schwaden. Agrartechnik 89 (2010) H. 3, S. 24-29.
- [4] Rath-Kampe, J.: Schlagkraft gefordert - Trends beim Mähen, Zetten und Schwaden, Teil 2. Agrartechnik 89 (2010) H. 4, S. 26-29.
- [5] Göggerle, T.: Neues auf der Wiese. DLZ Agrarmagazin 63 (2012) H. 4, S. 88-93.
- [6] Rath-Kampe, J.: Die Kette macht's - Trends in der Futterernte. Agrartechnik 91 (2012) H. 3, S. 16-21.
- [7] -, -: 18 Meter auf einen Schwad. Eilbote 59 (2011) H. 39, S. 14.
- [8] -, -: Internetauftritt der Firma Pöttinger. [www.poettinger.at](http://www.poettinger.at), 02.07.2012.
- [9] -, -: Internetauftritt der Firma Krone. [www.krone.de](http://www.krone.de), 02.07.2012.
- [10] Mumme, M.: Noch breiter weiterhin im Trend. DLZ Agrarmagazin 62 (2011) H. 10, S. 68-73.
- [11] Hartmann, K., Jünemann, D., Kemper, S., Robert, M., Roos, L., Schattenberg, J., Untch, J.: Trends bei Landmaschinen und Traktoren. Mobile Maschinen 5 (2012) H. 1, S. 14-19.
- [12] Dörpmund, H.-G.: LU-Interview: Krone - Mit Section Control und hydraulischer Bodenanpassung. Lohnunternehmen 67 (2012) H. 6, S. 73-75.
- [13] Graf, F.: Ausgezeichnete Hydraulik - Interview: Jürgen Knobloch, Fendt. Fluid 47 (2012) H. 4, S. 26-27.
- [14] -, -: Neuheiten-Hitparade - Agritechnica Vorschau. DLZ Agrarmagazin 88 (2009) H. 11, S. 68-92.
- [15] -, -: Disco Mähwerksfamilie bekommt Zuwachs. Eilbote 57 (2009) H. 44, S. 25.
- [16] Gerighausen, H.-G.: Arbeitsqualität rückt in den Fokus. Eilbote 58 (2010) H. 8, S. 10-12.
- [17] -, -: Mit hydraulischer Unterlenkerwippe. Eilbote 60 (2012) H. 15, S. 16.
- [18] Göggerle, T.: Technik aktuell - Lely: Mähen, pressen, wickeln. DLZ Agrarmagazin 61 (2010) H. 10, S. 89.
- [19] -, -: Mähbalken mit glatter Unterseite für SB-Mähwerke von JF-Stoll. Landtechnik 65 (2010) H. 4, S. 305.
- [20] Küper, J.-M.: Scharfe Messer schneiden besser. Top Agrar 41 (2012) H. 5, S. 116-119.
- [21] Kemper, S.; Frerichs, L.; Lang, T.: Analysis of an alternative cutting principle in a disc mower to reduce the power requirements. International Conference of Agricultural Engineering CIGR-AgEng2012 8.-12. July 2012 Valencia, Spain, Paper Number C1256.



- [22] Israel, M., Haschenberger, P.; Schlagenhauf, G.; Fackelmeier, A.: Untersuchungen zur Wilderkennung beim Mähen. VDI-MEG Tagung Landtechnik 27./28.10.2010 Braunschweig. In: VDI-Berichte Nr. 2111, S. 451-456. Düsseldorf: VDI-Verlag 2010.
- [23] Gerighausen, H.-G.: Arbeitsqualität rückt in den Fokus. Eilbote 58 (2010) H. 8, S. 10-11.
- [24] Brüse, C.: Zwei Kreisel mit viel Bodenfreiheit. Profi 22 (2010) H. 9., S. 38-39.
- [25] -, -: Schwader auf Riesenspur. Top Agrar 41 (2012) H. 2, S. 106.
- [26] -, -: Internetauftritt der Firma Lely. [www.ley.com](http://www.ley.com), 02.07.2012
- [27] Mumme, M.: Stufenlos in jede Wiesenecke. DLZ Agrarmagazin 61 (2010) H. 1, S. 74-77.
- [28] Baldinger, M.; Hofinger, M.: Electric driven rake. VDI-MEG Kolloquium: Elektrische Antriebe in Landmaschinen, 26. - 27.06.2012, Dresden
- [29] Sauter, J.; Latsch, R.; Hensel, O.: Methodenvergleich zur Bestimmung von Bröckelverlusten in der Heuernte. Landtechnik 66 (2011) H. 3., S. 198-200.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 13.09.2012

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Jünemann, Dennis: Halmgutmähen und Halmgutwerben. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-11

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043451>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/54.html>

## Halmgutbergung

Ralf Kattenstroth,

Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, Technische Universität Braunschweig

### Kurzfassung

Ein deutlich belebter Absatz von Maschinen zur Halmgutbergung nach der Absatzkrise in den Jahren 2009 und 2010 unterstützte den Innovationsprozess der Hersteller. Während im Bereich der Feldhäcksler ein wesentlicher Entwicklungsschwerpunkt auf der Umsetzung der aktuellen Abgasnormen lag, stand bei vielen anderen Maschinen die Steigerung der Durchsatzleistung im Vordergrund. Weiterhin zielten zahlreiche Entwicklungen auf die Verringerung des Leistungsbedarfs ab.

### Schlüsselwörter

Feldhäcksler, Abgasnorm, Durchsatzsteigerung, Kombiwagen, Presswickelkombination

## Crop Harvesting

Ralf Kattenstroth,

Institute of Mobile Machines and Commercial Vehicles, Technische Universität Braunschweig

### Abstract

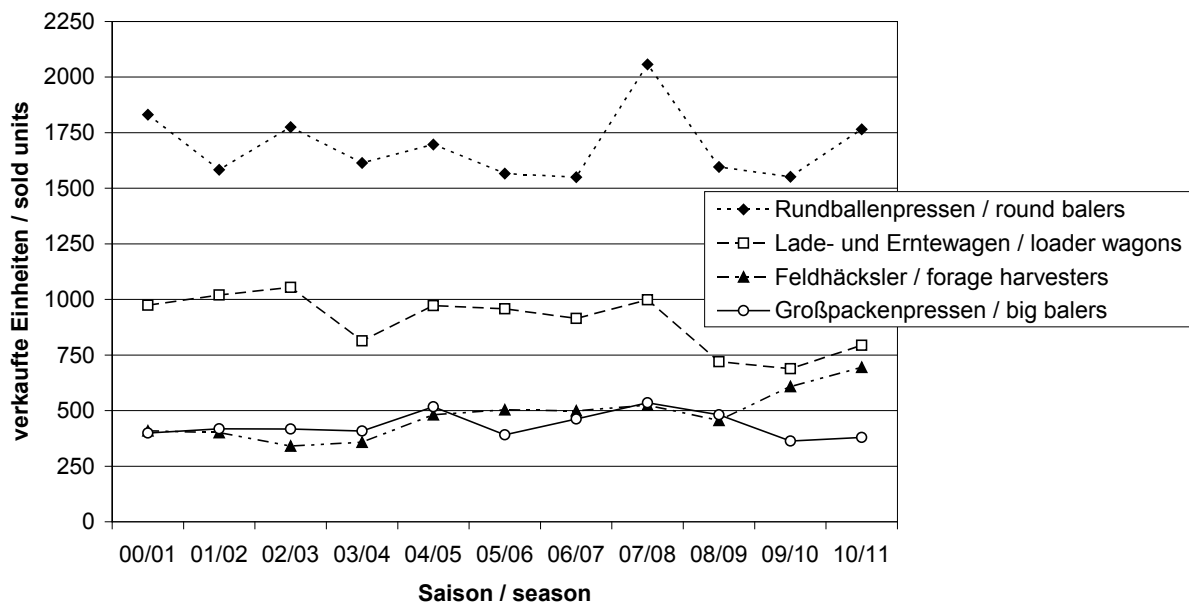
A much better sale of crop harvesting machines after the crisis in 2009 and 2010 supported the innovation process of manufacturers. Development of forage harvesters focussed especially on the implementation of current emission standards. For many other machines in this sector innovations were mainly about improving the machine and process throughput. Furthermore, a high number of developments aimed for reducing the power requirements.

### Keywords

Forage harvesters, emission standard, capacity enhancement, multi-purpose wagon, baler-wrapper combination

## Allgemeines

Die Verkaufszahlen für Maschinen zur Halmgutbergung haben sich nach einem deutlichen krisenbedingten Rückgang in den Jahren 2009 und 2010 in der vergangenen Saison 2010/2011 wieder sehr gut erholt. **Bild 1** zeigt die Entwicklung der Verkaufszahlen in Deutschland über die vergangenen Jahre.



**Bild 1:** Absatzzahlen von Maschinen zur Halmgutbergung in Deutschland [1]

**Figure 1:** Sales of crop collecting machinery in Germany [1]

Der weltweite Markt für selbstfahrende Feldhäcksler umfasste 2011 ca. 2.700 Maschinen, wovon mit knapp 700 Feldhäckslern alleine ein Viertel in Deutschland abgesetzt wurde. Durch den anhaltenden Biogasboom in Deutschland führte dies bereits im achten Jahr in Folge zu einer nun aber kaum noch als solche zu bezeichnende Sonderkonjunktur für den Häcksler. Die zu erntende Biomasse für Energie wird weiter zunehmen, was den Markttrend für den Häcksler weiter stabilisieren wird [2].

Die Steigerung der Nachfrage nach Pressen liegt unter anderem darin begründet, dass gute Preise für Stroh und Grünfutter gezahlt werden. In Deutschland kann darüber hinaus beobachtet werden, dass sich viele Landwirte wieder für eine eigene Presse (in der Regel eine kleinere Rundballenpresse) entscheiden, um mehr Unabhängigkeit von den Kapazitäten der Lohnunternehmer zu gewinnen. Bei den Großpackenpressen gab es eine Trendumkehr von den sinkenden Verkaufszahlen in den vorangegangenen Jahren [2].

Für den Lade- und Erntewagen, der hauptsächlich in den west- und zentraleuropäischen Grünlandregionen eingesetzt wird, ergab sich ebenfalls eine deutlich positive Marktentwicklung. Ins Gewicht fällt hier unter anderem das vergrößerte Angebot an Multifunktionswagen, die sowohl als Kurzschnittladewagen als auch als Häckseltransportwagen eingesetzt werden können [2].

## Feldhäcksler

Im Bereich der Feldhäcksler sorgte vor allem die Vorstellung des neuen Feldhäckslers Katana 65 (**Bild 2**) der Firma AGCO Fendt für Aufsehen. Mit seinen 650 PS Motorleistung ist der Katana im derzeit am stärksten nachgefragten Leistungssegment angesiedelt. Die Leistung wird von einem längs eingebauten V8 Motor von MTU (basierend auf einem Mercedes-Benz Motor) bereitgestellt. Durch den SCR-Katalysator wird die aktuelle Abgasnorm Tier 4i erreicht. Um Kraftstoff zu sparen, kann der Motor entweder im Eco-Modus bei abgesenkter Drehzahl und veränderter Motorcharakteristik oder im Power-Modus bei maximaler Motorleistung betrieben werden. Bei den Erntevorsätzen greift Fendt auf das Angebot der Firma Kemper zurück. Die Zuführung des Erntegutes zur Häckseltrommel erfolgt mit sechs Vorpresswalzen, wobei die Häckseltrommel einen Durchmesser von 720 mm und eine Breite von 800 mm besitzt. Die Aufbereitung des Häckselgutes erfolgt nachfolgend mit einem V-Keilscheibencracker. Für den Fahrtrieb kommen hydraulische Radmotoren von Bosch Rexroth zum Einsatz. Das Bedienkonzept der Maschinen orientiert sich in weiten Teilen an dem der Vario Traktoren von Fendt. Nach Aussagen von Fendt befinden sich verschiedene Assistenzsysteme noch in der Entwicklung, um den Fahrer in Zukunft bei seinen Aufgaben weiter entlasten und unterstützen zu können. [3; 4; 5]



**Bild 2:** Fendt Katana 65 [6]

**Figure 2:** Fendt Katana 65 [6]

Weitere Entwicklungen sind durch die Anpassung der Feldhäcksler an die aktuelle Abgasnorm gekennzeichnet. So verabschieden sich Claas und Krone bei ihren leistungsstärksten Maschinen von den jeweiligen Doppelmotorkonzepten, um den Aufwand für die notwendige Abgasnachbehandlung zu reduzieren. Bei beiden Herstellern kommt jetzt ein V8 oder V12 Motor von MAN zum Einsatz. Um weiterhin die Motorleistung an die Erntebedingungen anpassen zu können, kann beim Krone Big X per Knopfdruck zwischen zwei Leistungskurven gewählt werden. Beim Claas Jaguar 970 und 980 wird die Motorleistung automatisch in bis zu zehn Stufen an den jeweiligen Leistungsbedarf angepasst [7; 8; 9; 10; 11].

Um die Aufbereitungsqualität des gehäckselten Mais weiter zu verbessern, bieten neben Fendt auch John Deere und Krone Scheibenradcracker an. Während Krone und Fendt mit geraden Scheiben arbeiten, weist der Scheibenradcracker von John Deere an der einen Welle eine konkave Krümmung der Scheiben auf und an den Scheiben der zweiten Welle eine konvexe Krümmung. Die Rechte für diese spezielle Gestaltung hat John Deere beim ursprünglichen Entwickler des bisher als „MasterCracker“ bekannten Systems erworben. Durch die Scheibenbauweise wird die Reibfläche mehr als verdoppelt, so dass Maiskörner auch bei hohen Durchsätzen sicher aufgeschlossen werden [12; 13].

Zur Erfassung der Silagequalität und Vereinfachung der Abrechnung im Biogasbereich und in Milchvieh- und Rindermastbetrieben bieten Claas und John Deere Systeme zur kontinuierlichen Analyse der Inhaltsstoffe an. Beide Sensorsysteme basieren auf der NIR-Technik (Nahinfrarotspektroskopie) und sind in der Lage unter anderem den Gehalt an Stärke, Rohprotein, Rohfaser, Rohfett und Rohasche zu messen. Die Sensoren sind für die Messung direkt am Auswurfkrümmer integriert [14; 15].

In weiteren Veröffentlichungen wurden die Veränderung der Messerschärfe im Feldhäcksler und entsprechende Schleifstrategien erörtert. Demnach werden die heutigen beschichteten Messer in der Regel häufiger geschliffen als notwendig, was zu unnötig hohem Verschleiß an den Messern führt [16; 17].

In [18] wurde die Eignung verschiedener Erntevorsätze für die Ernte von Getreide-GPS untersucht.

Aufgrund der Vielzahl an Teilnehmern einer Häckselkette und der teilweise verstreut liegenden Ernteflächen beschäftigen sich verschiedene Veröffentlichungen mit der Optimierung der Routenplanung [52; 53].

Der Einfluss der Häcksellänge auf die Ernteleistung, den Arbeitszeitbedarf und die Kosten wird in [55] beschrieben. Die Untersuchung ist vor allem in der abnehmenden Häcksellänge bei Biogasanlagen begründet. Der Effekt der kürzeren Häcksellänge auf das Silierverhalten und die Gasausbeute ist in [56] erläutert.

Wie auch in anderen Bereichen wird für die Untersuchung von Prozessen am Feldhäcksler die Nutzung von Simulationswerkzeugen immer wichtiger. In [54] wird ein mathematisches Modell zur Beschreibung des Gutflusses im Auswurfkrümmer eines Feldhäckslers vorgestellt.

## Ladewagen

Ladewagen werden zunehmend als Kombiwagen eingesetzt, die mittlerweile von allen namhaften Herstellern angeboten werden. Um das Leergewicht des Kombiwagens im Häckseltransporteinsatz zu reduzieren, bietet Claas den Kombiwagen Cargos an. Laut Herstellerangaben kann das Lade- und Schneidaggregat des Cargos innerhalb von 30 Minuten demontiert werden (**Bild 3**). Dies senkt das Leergewicht des Wagens um fast 2,5 t. Zur weiteren Erhöhung der Nutzlast können zusätzlich auch die Dosierwalzen entfernt werden. Eine weitere Besonderheit des Cargos ist der zum Schneidrotor abfallende Kratzboden. Durch den verkürzten Förderweg in den Laderaum kann der Leistungsbedarf



beim Laden deutlich reduziert werden. Ähnliche Konzepte werden mittlerweile auch von weiteren Herstellern angeboten [11; 19; 20].



**Bild 3:** Demontage des Schneid- und Förderaggregates beim Claas Cargos [21]

**Figure 3:** Removal of cutting and loading assembly of Claas Cargos [21]

Eine weitere Neuerung im Bereich des Förder- und Schneidaggregates bietet Strautmann mit dem Continuous-Flow-System (CFS) an. Das Herzstück des Systems ist eine Beschleunigerwalze zwischen Pick-Up und Schneidrotor. Durch die spiralförmig nach außen verlaufenden Stege wird das aufgenommene Grüngut auf die volle Breite des Schneidrotors auseinandergezogen. Neben einer Leistungseinsparung soll dieses neuartige System auch für eine bessere Ausladung des Laderaums sorgen [22; 23]

Vermeehrt werden für Lade- und Kombiwagen elektro-hydraulische Zwangslenkungssysteme angeboten. Durch einen Drehwinkelsensor wird die Orientierung des Wagens zum Traktor erfasst und mit Hilfe eines entsprechenden Regelungssystems in eine Lenkbewegung am Wagen umgesetzt. Die elektro-hydraulische Zwangslenkung bietet gegenüber anderen Zwangslenkungssystemen eine höhere Flexibilität bei der Anordnung der Bauteile und der Realisierung von Zusatzfunktion wie der automatischen Sperrung der Lenkung bei Straßenfahrt [24; 25]

Einen guten Überblick zum aktuellen Marktangebot an Lade- und Kombiwagen bieten [26; 27; 28].

In [29; 30] ist ein Vergleich von Silierwagen verschiedener namhafter Hersteller unter Praxisbedingungen dokumentiert.

### Transportlösungen für Häckselgut

Transportlösungen für Häckselgut als Häckseltransportwagen legen weiter an Transportkapazität zu. So bietet Strautmann einen überarbeiteten Häckseltransportwagen mit 52 m<sup>3</sup> Transportvolumen und dreiachsigem Fahrwerk an [31]. Auch Krone scheint an



einem großvolumigen Häckseltransportwagen zu arbeiten, wie ersten Bilder zu entnehmen ist. Als Besonderheit ist hier der im vorderen Teil des Wagens abgesenkte Kratzboden zu nennen [32].

Um die gesetzlichen Vorschriften zur Vermeidung von Ladungsverlusten zu erfüllen, bieten immer mehr Hersteller Systeme zur Abdeckung der Ladung an. Häufig zu finden sind Lösungen aus Netzen, die mit Hilfe von seitlich angebrachten Schwenkarmen den Laderaum vom Fahrersitz fernbedienbar von hinten nach vorne abdecken (**Bild 4**) [33].



**Bild 4:** Cover Plus Ladegutsicherung von Pöttinger [33]

**Figure 4:** Cover Plus load securing system of Pöttinger [33]

Besonders für große Transportentfernungen im Biogasbereich werden von immer mehr Herstellern Überladesysteme für Häckselgut angeboten. Dabei können im Wesentlichen zwei Verfahren unterschieden werden. Bei dem ersten Verfahren übernehmen spezielle mit einer Überladeeinrichtung ausgerüstete Häckselwagen den Transport des Erntegutes vom Feldhäcksler zum Feldrand, um dieses dann direkt auf bereitstehende Transportfahrzeuge zu überladen. Bei zahlreichen Lösungen wird der Laderaum für den Überladevorgang soweit angehoben, dass eine Überladehöhe von mindestens 4 m erreicht wird [34; 35]. Beim zweiten Verfahren wird das Erntegut von gewöhnlichen Häckselwagen oder Heckkippern vom Feldhäcksler zu einer stationären Überladestation transportiert und dort mit oder ohne Zwischenlagerung auf Transportfahrzeuge überladen. Erste Einsatzerfahrungen mit einem modifizierten Rübenreinigungslader (Mais-Maus) sind in [36] zu finden. Einen guten Überblick über die verschiedenen angebotenen Lösungen bietet [37].

## Ballenpressen

Nach Verkauf des Vicon-Werkes in Geldrop (Niederlande) an die Bucher Industries AG (Kuhn) hat die Kverneland Group den italienischen Pressenhersteller Galignani vollständig übernommen. Der Übernahme war ein Joint Venture bzgl. des exklusiven Vertriebs der von Galignani hergestellten Pressen vorausgegangen [38].

Ein Überblick zu Trends und zum Marktangebot von Ballenpressen ist in [46; 47] zu finden.

### *Quaderballenpressen*

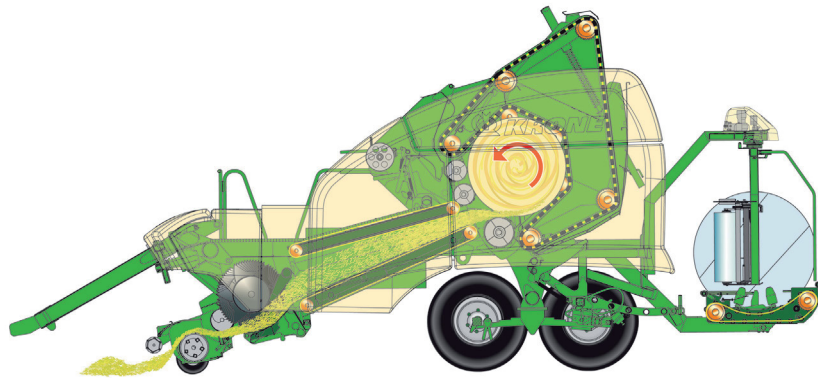
Im Bereich der Quaderballenpressen wird weiter an einer Erhöhung der Ballendichte und der Erhöhung der Durchsatzleistung gearbeitet. So bietet AGCO unter den Marken Fendt und Massey Ferguson die Großballenpressen in "Extra Density" Ausführung an, die eine 15 bis 20 % höhere Pressdichte ermöglicht. Um solch hohe Ballendichten zu erreichen, wurden der Antriebsstrang und der Rahmen der Presse komplett überarbeitet und verstärkt. Zur Erhöhung des Durchsatzes bietet Krone seine Big Pack Baureihe "HighSpeed" an, die ein um 18 % erhöhtes Durchgangsvolumen des Raffersystems und eine um 18 % angehobene Kolbenfrequenz aufweist [39; 40].

Weiterhin können die Krone Quaderballenpressen zur Dokumentation der Arbeit mit einem neuartigen Ballen-Etikettierer ausgerüstet werden. Auf dem Etikett, das erst nach Fertigstellung des Ballens per RFID (radio-frequency identification) programmiert wird, können neben dem Ballengewicht und der Materialfeuchte noch folgende Informationen gespeichert werden: GPS-Position, Uhrzeit/Datum, Kundenname, Feldinformation sowie eine Ballenidentifikation. So kann künftig jede Balleninformation archiviert werden und jeder Ballen kann dauerhaft seiner Herkunft zugeordnet werden [41].

Ein weiterer Trend stellt die vermehrte Ausrüstungsmöglichkeit von Quaderballenpressen mit einem Vorbauhäcksler ab Werk dar, um fein aufgeschlossenes Stroh zur Einstreu und Fütterung direkt bei der Ernte zu bergen [42; 43; 44]. Einige Praxiserfahrungen zum Einsatz von Vorbauhäckslern sind in [45] zu finden.

### *Rundballenpressen*

Eine Neuheit im Bereich der Rundballenpressen war die Vorstellung der ersten vollautomatisch kontinuierlich arbeitenden Presswickelkombination Ultima von Krone anlässlich der Agritechnica 2011 (**Bild 5**). Um ein kontinuierliches Arbeiten zu ermöglichen, besitzt die Presse eine Vorkammer, die während des Netzwickelvorgangs der Presseinheit das Erntegut sammelt. Die Vorpresskammer ist mit je einem Förderband oben und unten ausgestattet. Durch ihre variable Form dient sie gleichzeitig als Vorpresskammer. Dies erinnert an die ersten Ansätze von Non-Stop-Rundballenpressen mit der Claas Rapid in den 80er Jahren. Durch das Zusammenspiel von Vorpresskammer, semivariabler Presskammer und Traktor Implement Management wird ein zügiges Arbeiten bei gleichzeitig hohen Ballendichten sichergestellt. Ebenfalls neu ist die hochgestellte Presskammer, aus welcher der Ballen direkt auf den Wickeltisch fällt. Dies trägt zu einer weiteren Beschleunigung des Arbeitsvorgangs bei [48].



**Bild 5:** Prinzipdarstellung Krone Ultima [48]

**Figure 5:** Schematic diagram of Krone Ultima [48]

Eine weitere Neuentwicklung zur Steigerung der Pressleistung stellte John Deere mit der neuen Pressenbaureihe 900 vor. Hauptmerkmal dieser neuen Pressen ist das Schnellentladesystem, das den fertigen Ballen in weniger als fünf Sekunden auswirft. Es arbeitet mit einem neuartigen Vorhang-System, das die Heckklappe der Presse ersetzt und damit den Entladevorgang deutlich verkürzen soll. Zur weiteren Beschleunigung des Entladevorgangs werden die Seitenwände beim Entladen ein Stück nach außen geschwenkt, so dass die Reibung an diesen Stellen reduziert wird [49].

Im Bereich der Presswickelkombinationen bietet Lely die Lely Welger RPC 445 Tornado an, welche mit einem sich vollautomatisch auf die jeweilige Ballengröße einstellenden Wickelsystem ausgestattet ist. Ähnlich wie bei der Krone Ultima ist die Presswickelkombination von Lely mit einer gegenüber dem Wickeltisch erhöhten Ballenkammer ausgestattet. Dies führt zu einer sicheren und raschen Übergabe des Ballens aus der Presskammer an den Wickler [50; 51].

## Zusammenfassung

Der weitere Ausbau der Energiegewinnung aus Biomasse und feste Preise bei Stroh und Grünfutter sorgten für gute Absatzzahlen bei Maschinen zur Halmgutbergung. Aufgrund der verschärften Abgasgesetzgebung für mobile Maschinen lag ein Entwicklungsschwerpunkt bei den Feldhäckslern auf der Integration neuer Motorkonzepte mit entsprechender Abgasnachbehandlung. Weiterhin sorgte die Neuvorstellung des neuen Feldhäckslers Katana von AGCO Fendt für großes Interesse. Der anhaltende Biogasboom unterstützt im Bereich der Ladewagen die weitere Verbreitung von Kombiwagen, die auch zum Häckseltransport eingesetzt werden können. Bei den Ballenpressen sorgten verschiedene Maßnahmen für eine Steigerung der Durchsatzleistung und eine Verringerung des Leistungsbedarfs. Eine Neuentwicklung stellte die kontinuierlich arbeitende Presswickelkombination Krone Ultima dar.

Aufgrund des großen Bedarfs an Halmgut in der Tierhaltung und zur Energiegewinnung in Verbindung mit der kontinuierlichen Effizienzverbesserung der Technik ist auch in Zukunft mit weiteren Innovationen zu rechnen.

## Literatur

- [1] -, -: VDMA Landtechnik: Wirtschaftsbericht 2012. Frankfurt 2012.
- [2] -, -: VDMA Landtechnik: Verkäufe von Erntemaschinen in Deutschland. Stand Juni 2012.
- [3] -, -: Katana häckselt erstmals vor Publikum. Eilbote 58 (2010) H. 35, S. 35
- [4] Eikel, G.: Häckseln mit Geheimnissen. Profi 23 (2011) H. 5, S. 34-36
- [5] Mumme, M.: Mit scharfer Klinge. DLZ Agrarmagazin 63 (2012) H. 1, S. 86-90
- [6] -, -: Internetauftritt der Firma Agco-Fendt: [www.fendt.com](http://www.fendt.com). Aufgerufen am 02.10.2012
- [7] Wilmer, H.: Mit MAN-Motor, ohne Vario Hebel. Profi 22 (2010) H. 9, S. 34-36
- [8] Dörpmund, H. G.: Jetzt arbeitet ein MAN im Big X. Lohnunternehmen 65 (2010) H. 9, S. 63
- [9] Küper, J.-M.: Einer kann mehr als zwei. Top agrar 39 (2010) H. 10, S. 78-79
- [10] -, -: Neue Ausstattung für Claas Feldhäcksler-Serie JAGUAR 900 und neue Motoren für JAGUAR 980 und 970. [www.landtechnikmagazin.de](http://www.landtechnikmagazin.de). Aufgerufen am 02.10.2012
- [11] -, -: Internetauftritt der Firma Claas. [www.claas.de](http://www.claas.de). Aufgerufen am 02.10.2012
- [12] -, -: Neuer Scheibenprozessor KernelStar für John Deere Feldhäcksler. [www.landtechnikmagazin.de](http://www.landtechnikmagazin.de). Aufgerufen am 02.10.2012
- [13] -, -: Scheibencracker für intensive Korn-Aufbereitung. Eilbote 60(2012) H. 31, S. 19
- [14] -, -: Claas NIR Sensorik: Inhaltsstoffanalyse im Erntegutstrom des Feldhäckslers. [www.landtechnikmagazin.de](http://www.landtechnikmagazin.de). Aufgerufen am 02.10.2012
- [15] -, -: John Deere HarvestLab analysiert jetzt auch Inhaltsstoffe. [www.landtechnikmagazin.de](http://www.landtechnikmagazin.de). Aufgerufen am 02.10.2012
- [16] Walther, V., Stein, D., Wild, K.: Veränderung der Messerschärfe beim Feldhäcksler und deren Auswirkungen auf das Messerschleifen. Landtechnik 66 (2011) H. 3, S. 173-175
- [17] Berger, J., Glösl, G.: Weniger schleifen - öfter Gegenschneide einstellen? Eilbote 59 (2011) H. 8, S. 12-15
- [18] Hasse, K.: Gute Vorsätze. Lohnunternehmen 65 (2010) H. 9, S. 42-44
- [19] Wilmer, H.: (Ge-)Wichtiger Neustart. Profi 24 (2012) H. 2, S. 28-31
- [20] -, -: Internetauftritt der Firma Krone. <http://landmaschinen.krone.de/deutsch/produkte>. Aufgerufen am 20.10.2012
- [21] -, -: Claas erweitert Ladewagen-Produktpalette um Kombiwagen Cargos. [www.landtechnikmagazin.de](http://www.landtechnikmagazin.de). Aufgerufen am 20.10.2012
- [22] Dänzer, D., Messerer, M.: Bestes Schluckvermögen. Agrartechnik 91 (2011) H. 4, S. 12/13
- [23] Feuerborn, B.: Turbolader. DLZ Agrarmagazin 61 (2010) H. 10, S. 66-71
- [24] -, -: Neue Zwangslenkung an Strautmann-Silierwagen. Profi 23 (2011) H. 1, S. 104

- [25] -, -: Bergmann Multiwagen Shuttle jetzt auch als Tridem-Fahrzeug mit elektronischer Zwangslenkung und Abladesteuerung. [www.landtechnikmagazin.de](http://www.landtechnikmagazin.de). Aufgerufen am 20.10.2012
  - [26] Föbbeker, A.: Große Angebotspalette an Ladewagen. Land & Forst 5 (2010) H. 13, S. 56-58
  - [27] Geringhausen, H.-G.: Am Besten einen Kombiwagen. Land & Forst 5 (2010) H. 41, S. 37-39
  - [28] -, -: Mehr aufladen. Agrartechnik 91 (2011) H. 4, S. 28-34
  - [29] Wilmer, H.: Volle Ladung - Großer Silierwagenvergleich (Teil 1). Profi 22 (2010) H. 11, S. 24-28
  - [30] Wilmer, H.: Wenn die Details zählen - Großer Silierwagenvergleich (Teil 2). Profi 22 (2010) H. 12, S. 18-25
  - [31] Brüse, Ch.: Viel Kubik auf neuem Fahrwerk. Profi 24 (2012) H. 1, S. 36/37
  - [32] -, -: Noch ein weiterer Erbkönig aus dem Emsland. Profi 24 (2012) H. 1, S. 9
  - [33] -, -: Cover plus Ladegutsicherung - Neu für JUMBO combiline. Internetauftritt der Firma Pöttinger. <http://www.poettinger.at/de/news/>. Aufgerufen am 20.10.2012
  - [34] -, -: Neue Überladetechnik in Hannover. Profi (2012) H. 1, S. 115
  - [35] Brüse, Ch.: Vielseitig überladen. Profi 24 (2012) H. 2, S. 34-36
  - [36] Plischke, M.: Mais-Maus: Erfahrungen der Kampagne 2010. Lohnunternehmen 65 (2010) H. 11, S. 48-50
  - [37] Brüse, Ch.: Für die weiten Wege - Überladelösungen für Biomasse. Profi 23 (2011) H. 2, S. 68-71
  - [38] -, -: Kverneland Group übernimmt 100 Prozent der Anteile an Ballenpressen- und Wicklerhersteller Galignani S.p.A.. Internetauftritt der Kverneland Group <http://de.kvernelandgroup.com/News-und-Medien/Neuigkeiten/Mitteilung-des-Tages>. Aufgerufen am 20.10.2012
  - [39] -, -: Massey Ferguson Großballenpresse MF 2170 XD „Extra Density“ mit bis zu 20 % höherer Leistung. [www.landtechnikmagazin.de](http://www.landtechnikmagazin.de). Aufgerufen am 20.10.2012
  - [40] -, -: Neue Krone Big Pack „HighSpeed“ Baureihe bietet höhere Durchsatzleistung. [www.landtechnikmagazin.de](http://www.landtechnikmagazin.de). Aufgerufen am 20.10.2012
  - [41] Horstmann, J.: Electronic assistance for straw and hay harvesting with large square balers. VDI-MEG Tagung Landtechnik 11.-12.11.2011 Hannover. In: VDI-Berichte 2124, S. 473-479. Düsseldorf: VDI-Verlag 2011
  - [42] Feuerbon, B.: Lang, kurz oder gehäckselt. DLZ Agrarmagazin (2011) H. 8, S. 82-84
  - [43] -, -: Kuhn Großpackenpressen jetzt mit Vorbauhäcksler erhältlich. [www.landtechnikmagazin.de](http://www.landtechnikmagazin.de). Aufgerufen am 20.10.2012
  - [44] -, -: Neuer Vorbauhäcksler PreChop für Krone Big Pack Großpackenpressen. [www.landtechnikmagazin.de](http://www.landtechnikmagazin.de). Aufgerufen am 20.10.2012
  - [45] Ehnts, A., Dörpmund, H.-G.: Welche Zukunft haben Vorbauhäcksler und Schwadwender. Lohnunternehmen 65 (2010) H. 6, S. 22-27
-

- [46] Volk, L.: Die Ernte schnell und sicher bergen. Land & Forst 5 (2010) H. 23, S. 39-41
- [47] -, -: Kurz geschnitten - Trendbericht Rund- und Quaderballenpressen. Agrartechnik 91 (2011) H. 3, S. 42-47
- [48] -, -: Das Warten hat ein Ende: Gold für Krone Ultima - Weltweit erste Non-Stop-Presswickelkombination. Internetauftritt der Firma Krone.  
<http://landmaschinen.krone.de/deutsch/news/gold-fuer-krone-ultima/>. Aufgerufen am 20.10.2012
- [49] -, -: Vorhang auf für neue Presse. 59 Eilbote (2011) H. 9, S. 23
- [50] Labahn, K.: Mehr Leistung in der Profiklasse. Land & Forst 5 (2010) H. 33, S. 97
- [51] -, -: Wickelst du noch oder presst du schon. Eilbote 58 (2010) H 8, S. 16
- [52] Robert, M., Lang, Th.: Swarm intelligence algorithms for agricultural in-field logistics. VDI-MEG Tagung Landtechnik 11.-12.11.2011 Hannover. In: VDI-Berichte 2124, S. 281-286. Düsseldorf: VDI-Verlag 2011
- [53] Carpente, L., Casas-Méndez, B., Jácome, C., Puerto, J.: A model and two heuristic approaches for a forage harvester planning problem: a case study. TOP 18 (2010) H. 1, S. 122-139, DOI: 10.1007/s11750-009-0104-5
- [54] Lisowski, A., Świątek, K., Klonowski, J., Sypuła, M., Chlebowski, J., Nowakowski, T., Kostyra, K., Strużyk, A.: Movement of chopped material in the discharge spout of forageharvester with a flywheel chopping unit: Measurements using maize and numerical simulation. Biosystems Engineering 111 (2012) H. 4, S. 381-391, <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2012.01.003>
- [55] Herrmann, C., Prochnow, A., Heiermann, M.: Influence of chopping length on capacities, labour time requirement and costs in the harvest and ensiling chain of maize. Biosystems Engineering 110 (2011) H. 3, S. 310–320, <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2011.09.004>
- [56] Herrmann, C., Heiermann, M., Idler, C., Prochnow, A.: Particle Size Reduction during Harvesting of Crop Feedstock for Biogas Production I: Effects on Ensiling Process and Methane Yields. BioEnergy Research (2012), DOI: 10.1007/s12155-012-9206-2

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Kattenstroth, Ralf: Halmgutbergung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-11

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043452>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/87.html>

---



## **Mähdrescher**

Stefan Böttinger,

Institut für Agrartechnik, Fg. Grundlagen der Agrartechnik, Universität Hohenheim, Stuttgart

### **Kurzfassung**

Die Mähdrescher-Märkte entwickeln sich nicht einheitlich. Die Hersteller weiten ihr Produktangebot nach unten und oben aus. Um die Grenzen des Größenwachstums zu umgehen, werden alternative Verfahrenskombinationen für die Getreideernte diskutiert. Mit Hilfe der Simulationstechnik lassen sich die Dresch-, Trenn-, Reinigungs- und Transportvorgänge in den Maschinen immer besser nachbilden. Durch weitere Entwicklungen im Bereich der Elektronik, Bedienung und Automatisierung können die Mähdrescher besser eingestellt und effizienter eingesetzt werden.

### **Schlüsselwörter**

Mähdrescher, Marktentwicklung, Stoffeigenschaften, DEM, Automatisierung

## **Combine Harvester**

Stefan Böttinger,

Institute of Agricultural Engineering, Fundamentals of Agricultural Engineering, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany

### **Abstract**

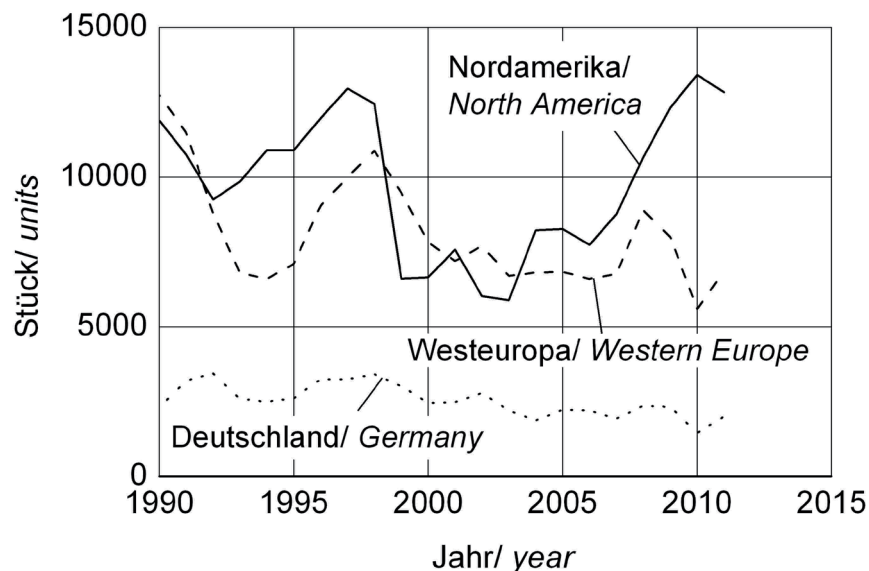
The markets for combine harvesters do not develop uniformly. The manufacturers expand their product range in all classes. To overcome the limitations of the machine size, alternative combinations for the grain harvest are discussed. The simulation of the threshing, separation, cleaning and transport processes in the machines keeps getting better results. With further developments in the field of electronics, control and automation, the adjustments of the combine are getting easier and the use is more efficient.

### **Keywords**

combine harvester, market development, crop properties, DEM, automation

## Marktentwicklung

Die Absatzzahlen für Mähdrescher sind in den westeuropäischen Märkten 2010/2011 wieder deutlich angestiegen. Nach dem allgemeinen Einbruch 2009/2010 werden aber nicht mehr die Marktzahlen der vorherigen Jahre erreicht. Das Größenwachstum der Maschinen und damit einhergehend die Stückzahlreduzierung setzt sich in diesen Märkten fort. In Deutschland konnten 2010/2011 2 015, in Westeuropa insgesamt 6 850 Maschinen abgesetzt werden. In Nordamerika gab es dagegen keinen Markteinbruch, und mit 12 836 Maschinen wurden im dritten Jahr in Folge über 12 000 Einheiten verkauft, **Bild 1**. Der Mähdreschermarkt in Russland ging in den letzten Jahren um über 50 % zurück. Nach 8 934 Einheiten in 2008 konnten 2011 nur noch 4 256 Einheiten abgesetzt werden. In ähnlicher Stärke verringerten sich die russischen Importe. Überproportional hoch sind davon Maschinen aus deutscher Produktion betroffen [1].



**Bild 1:** Entwicklung wichtiger Mähdreschermärkte. Daten aus [1]

**Figure 1:** Development of important combine markets. Data from [1]

## Allgemeines

Der Überblick über das Marktangebot, die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Mähdruschsysteme sowie über die Bedienung und Automatisierung der Mähdrescher ist in [2 bis 4] zusammen gefasst. Neben vielen Detailverbesserungen werden vermehrt Hangaussgleichssysteme auch im mittleren und unteren Leistungssegment angeboten. Ein großes Augenmerk wird auf Komfort und Bedienung gelegt. Bei einer Umfrage der DLG in Deutschland wurden als Schwachstellen am häufigsten Schneidwerk, Häcksler, Hydraulik und Antriebe der Arbeitselemente genannt. Bei den Anforderungen an die Maschinen führt eine gute Häckselqualität und -verteilung [5].

Agco bietet den neuen Hybridmähdrescher als Fendt 9470 X und als Massey Ferguson 9280 Delta an. Von Argo wurde nun vollständig Laverda übernommen. Die gesamte Produktion von Randers ist nun nach Breganze verlagert worden. Mit Sampo Rosenlew, deren Modelle von Agco vermarktet werden, wurde ein Joint Venture vereinbart. Die kleine Baureihe von Sampo Rosenlew wurde grundlegend überarbeitet. Bei einer Kanalbreite von 1,11 m werden 4-Schüttlermodelle mit Standard- oder Vortrommeldreschwerk und eine 5-Schüttler-Maschine mit Vortrommeldreschwerk angeboten.

Claas hat zwischen den Modellreihen Dominator und Tucano die Averro-Baureihe eingeführt. Erweitert wurde die Tucano-Baureihe um eine 1-Rotor-Hybridmaschine. Die überarbeiteten Lexion-Mähdrescher sind nun auch mit einem gefederten Raupenlaufwerk für Straßengeschwindigkeiten bis 40 km/h erhältlich.

John Deere baut nun die S-Modelle in Zweibrücken und hat diese überarbeitet. So ist nun der Gutfluss im Rotor durch den Fahrer über in zwei Stufen verstellbare Leitbleche von der Kabine aus steuerbar. Dadurch wird die Verweilzeit im Rotor beeinflusst. So kann er bei geringeren Durchsätzen gut gefüllt sein oder unter manchen Einsatzbedingungen die Strohzerstörung gering gehalten werden.

Wichtige Forschungsergebnisse wurden vorgestellt auf den VDI-MEG Tagungen Landtechnik [6 bis 8], der AgEng 2010 [9], der CIGR-AgEng 2012 [10] sowie auf den Jahrestagungen des ASABE [11 bis 13]. Es ist allerdings zu vermuten, dass über viele Forschungsprojekte in Kooperation mit der Industrie kaum Publikationen erfolgen. Auf einer Konferenz in China wurden der internationale Stand der Technik des Produktangebotes und die regionalen Trends zusammengefasst [14].

### **Dreschen, Trennen, Reinigen**

Viele Forschungen beschäftigen sich mit sehr detaillierten Optimierungen an den einzelnen Arbeitselementen. So werden beispielsweise alle Freiheitsgrade bei den Verstellmöglichkeiten der Körbe eines Dreschwerkes mit Beschleunigertrommel ausgenutzt. Dadurch können sich verengende, konstante oder sich aufweitende Dreschspaltverläufe und Kombinationen davon erreicht und ihre Auswirkungen auf die Arbeitsqualität untersucht werden [15; 16]. Für Entwicklung und Optimierung eines hybriden Dresch- und Trennsystems konnte das Dreschwerk aus einem Schüttlermähdrescher übernommen und für die höheren Durchsätze mussten nur die Antriebe angepasst werden. Die günstigste Dreschtrommeldrehzahl ergab sich bei gerade gewährleistetem Ausdrusch. Für die Rotordrehzahlen musste ein Kompromiss zwischen noch geringen Verlusten und noch nicht zu hoher NKB-Abscheidung gefunden werden [17].

Untersuchungen zu Transport und Entmischung auf dem Vorbereitungsboden unter allen Ernte- und Einsatzbedingungen wurden im Labor durchgeführt. Durch Verstellung der Kinematik konnten auch Hang-auf und Hang-ab Fahrten nachgebildet werden. Die Beurteilung der Entmischungswirkung erfolgte anhand der Verluste einer nachgeschalteten Reinigungsanlage, deren Einstellungen nicht verändert wurden. Durch die Variation der mechanischen Parameter des Schwingförderers konnte gezeigt werden, dass insbesondere

bei höheren Gutsdurchsätzen und damit größeren Schichtdicken die mechanische Anregung der oberen Gutschicht durch den Vorbereitungsboden erschwert ist. Eine bessere Vorentmischung wird hier durch größere Amplituden und eine geringere Frequenz der Schwingbewegung erreicht [18]. Eine Verbesserung der Leistung der Reinigungsanlage durch stärker vorsepariertes Gut mittels luftdurchströmtem Vorbereitungsboden wird ebenfalls untersucht [19].

Die Reinigungsanlage ist wegen der intensiven Gutbearbeitung der Trennelemente sehr stark mit Spreu und Kurzstroh belastet und deshalb oft die leistungsbestimmende Komponente des Mähdreschers. Im Praxiseinsatz wurde dies mit Blick auf die Längs- und Querneigung der Maschine beim Hangeinsatz untersucht [20; 21]. Daraus konnten Empfehlungen für eine Regelung der Gebläsedrehzahl und der Sieböffnungen im Hangeinsatz abgeleitet werden. Für den bei diesen Versuchen vorhandenen Seitenhangausgleich werden ebenfalls Verbesserungen durch verstärkte seitliche Schwingungen und zusätzliche pneumatische Anregungen empfohlen.

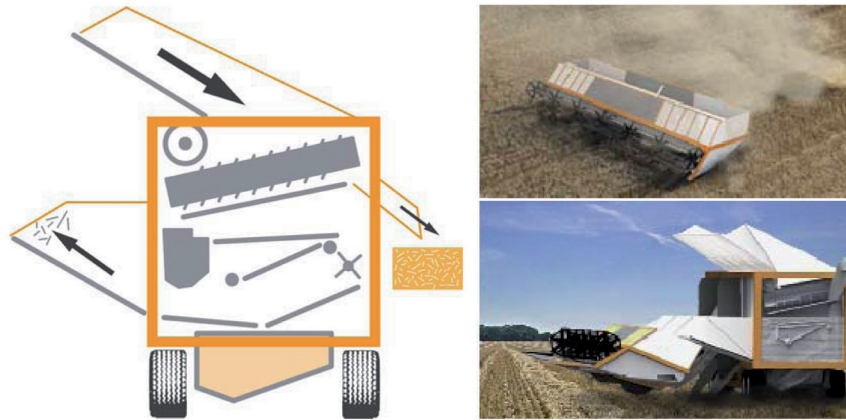
Durch den Einsatz der Strömungssimulation konnte die Gestaltung und Anpassung eines Querstromgebläses an eine Reinigungsanlage durchgeführt werden [22, 23]. Verschiedene Gebläsekonfigurationen wurden untersucht. Die Validierung der Simulation erfolgte anhand von Luftgeschwindigkeitsmessungen in einer Reinigungsanlage mit einem der simulierten Gebläse.

Wenn über eine weitere Leistungssteigerung bei der Getreideernte nachgedacht wird, dann bietet es sich unter manchen Bedingungen auch an, Ernte und Logistik voneinander zu trennen. So wird bereits in manchen Regionen die Zwischenlagerung des Getreides in Siloschläuchen am Feldrand praktiziert [24]. Es darf aber auch über den Aufbau des bisherigen Universalmähdreschers nachgedacht werden. Neben mehreren kleinen, autonom im Schwarm arbeitenden Mähdreschern ist auch eine Teilung des Ernteverfahrens auf mehrere, spezialisierte Maschinen denkbar [25]. So kann beispielsweise durch mehrere autonome, selbstfahrende Schneidwerke das Getreide gesammelt und zur Weiterverarbeitung am Feldrand einer leistungsstarken stationären Dresch-, Trenn- und Reinigungseinheit übergeben werden, **Bild 2**. Oder konventionelle Mähdrescher werden zur sogenannten Kompakternte umgebaut, um Korn, Spreu und Kurzstroh als Gemisch zu sammeln [26]. Die Reinigung erfolgt in einer zentralen Anlage und die Nichtkornbestandteile NKB werden für eine weitere Nutzung bereitgestellt. Das Stroh wird wie bisher vom Mähdrescher gehäckselt und breit verteilt.

### Schneidwerke und Strohmanagement

Mehrere Hersteller bieten bereits 12 m breite Schneidwerke, teilweise mit variabler Tischlänge, auch für den westeuropäischen Markt an. Durch den Einsatz von Aluminium und neu entwickelten Strukturen wird trotzdem die nötige Festigkeit bei noch akzeptablem Gewicht erreicht. Eine zu starke Durchbiegung der Wellen für Haspel und Einzugsschnecke wird durch eine Teilung und Lagerung meist in der Schneidwerksmitte erreicht. Auch die Messerbalken sind geteilt und werden von beiden Seiten angetrieben. Bei einer neuen

Lösung von CNH erfolgt der Antrieb beider Hälften zentral in der Mitte. Dadurch wird auch ein Ausgleich der schwingenden Massen erreicht.



**Bild 2:** Modulares System zur Getreideernte mit leistungsfähiger Dresch-, Trenn- und Reinigungseinrichtung am Feldrand [25]

**Figure 2:** Modular system for grain harvesting with powerful unit for threshing, separation and cleaning at the field border [25]

Angebaute klappbare Schneidwerke können zu hohe Achslasten verursachen. Mit einer zusätzlichen kleinen, absenkbaren Achse entlastet Geringhoff bei Straßenfahrt die Vorderachse auf den vom Gesetzgeber vorgegebenen Wert. Für einen besseren Gutfluss werden vermehrt Bandschneidwerke angeboten. Neben Modellen mit Längsförderung zur Einzugsschnecke werden Modelle ohne Einzugsschnecke mit Querförderung und Zufuhr zum Schrägförderer durch Bänder angeboten. Sie versprechen eine gleichmäßigere Zufuhr zum Dreschwerk mit den Ähren voran.

Der Leistungsbedarf eines Mähdrescherhäckslers wurde im Labor detailliert untersucht [27]. An einem sogenannten Exaktschnitthäcksler konnten die nahezu konstanten Leistungsanteile für den Leerlauf und zur Überwindung der Gehäusereibung sowie die leicht überproportional mit dem Strohdurchsatz ansteigenden Anteile für den Schnitt und die Gutbeschleunigung gemessen werden. Beim Feldeinsatz ermittelte Daten eines Häckslers in Abhängigkeit von Durchsatz, Häckslerdrehzahl und Messerbestückung zeigen, dass dadurch der Leistungsbedarf deutlich beeinflusst werden kann [28]. Durch eine günstige Auslastung des Verbrennungsmotors können zudem noch verbrauchsoptimale Betriebspunkte angefahren werden. Die Kombination von Standard- und Paddelmessern ermöglicht auch eine gleichmäßige Verteilung über die gesamte Arbeitsbreite.

Für exakte Schnittlängen im Mähdrescher-Häcksler müssen die Halme in Zuführrichtung ausgerichtet sein. Dies konnte durch Voruntersuchungen bestätigt werden. Für die weitere Untersuchung zum Stand der Halmausrichtung bei der Zuführung zu Häckslern wurden die Strohhalme mit DEM (Diskrete Elemente Methode) nachgebildet und parametrisiert [29]. Eine weitere Simulation des Gutflusses in Häckslern und zudem in Spreuverteilern wurde von CNH vorgestellt [30].

Eine Alternative zu den bestehenden Häckslern sind beispielsweise zwei vertikale Rotoren, die nach dem Prinzip des Hackschnitts arbeiten und die Funktionen Häckseln und Verteilen vereinen. Umfangreiche Laboruntersuchungen zu Leistungsbedarf, Gutgeschwindigkeit, Häckselqualität und Querverteilung wurden durchgeführt. Die Möglichkeiten zur Verbesserung der Verteilung und zur weiteren Reduzierung des Leistungsbedarfs konnten aufgezeigt werden [31].

Die Ernte von Maisstroh (Stängel, Blätter, Lieschen, Spindeln) für die Ethanolproduktion, separat bzw. parallel zur Körnermaisernte, wird in mehreren Publikationen behandelt [32 bis 36]. Von Bedeutung ist hierbei u.a., dass zum Erosionsschutz genügend Biomasse auf der Feldoberfläche verbleibt, und dass der zusätzliche Arbeitsaufwand minimal gehalten wird.

In manchen Regionen der Welt können herbizidresistente Unkräuter aus Erosionsschutzgründen nicht durch Bodenbearbeitung bekämpft werden. Hier ist das Sammeln und Vernichten der Spreu bei der Getreideernte zusammen mit Unkrautsamen wichtig. Statt dem Verbrennen am Feldrand werden vom Mähdrescher gezogene Mühlen mit eigenem Verbrennungsmotor eingesetzt. Arbeitsqualität und Leistungsbedarf wurden untersucht. Die Reduzierung der Leerlaufleistung von ca. 35 kW ist dringend nötig [37].

### **Stoffeigenschaften und Qualitätsmerkmale**

Die Stoffeigenschaften des Druschgutes haben bekannter Weise einen sehr großen Einfluss auf das Arbeitsverhalten des Mähdreschers. Eine allgemeine Beschreibung der Druscheignung als zentrale Führungsgröße für den Mähdruschprozess und die Möglichkeit zu ihrer Beeinflussung durch die gesamte Getreideproduktion hinweg wird detailliert dargelegt [38].

In verschiedenen Arbeiten werden die physikalischen und mechanischen Stoffeigenschaften unterschiedlicher Güter (Reis, Raps, Kichererbsen, Linsen, Weizen- und Gerstenstroh) meist in Abhängigkeit von der Gutfeuchte ermittelt [39 bis 44]. Die Ermittlung von Stoffeigenschaften gewinnt mit Blick auf die Simulation mit DEM hohe Bedeutung.

Die Beurteilung der Gutqualität nach Pilzbefall kann während der Ernte im Mähdrescher oder danach im Labor stattfinden. In einer umfassenden Arbeit wurde die selektive Ernte durch einen Mähdrescher mit geteiltem Korntank untersucht. Mit Hilfe der Near Infrared Spektroskopie NIRS gelingt es recht gut, den Körnerstrom in einem Bypass des Elevators zu beurteilen und je nach Ergebnis in eines der beiden Kompartimente im Korntank zu leiten [45]. Verbesserungen bei der Beurteilung werden durch die Kombination mit Bildverarbeitung erreicht [46]. Prinzipiell wurde die Eignung dieses Verfahrens von anderen Autoren bestätigt [47, 48]. Optische Merkmale zur Steuerung von Sortiermaschinen können allerdings bisher nur im Labor bzw. bei der stationären Verarbeitung verwendet werden. So werden mit einem neu entwickelten Bildsensor gleichzeitig vier Körnerströme überwacht, falsche Sorten erkannt und das Ausblasen dieser Körner angesteuert [49]. Das Erkennen von Körnern innerhalb einer Sorte mit minderer Qualität oder mit Pilzbefall gelingt noch nicht mit ausreichender Genauigkeit. Durch wiederholtes Verarbeiten können bei zu hoch belasteten



Chargen aber die meisten befallenen Körner aussortiert und akzeptable Werte für die Weiterverarbeitung erreicht werden [50 bis 52].

### **Simulationstechnik**

Für die DEM-Simulation werden weitere Guteigenschaften zur Parametrierung der modellierten diskreten Elemente benötigt. Eine Vielzahl von Guteigenschaften von Maiskörnern für den Einsatz bei einer Modellierung in DEM wurde ermittelt [53]. Auch wurde eine Sammlung von physikalischen Guteigenschaften wie Abmessungen und Schüttwinkel von einigen Körnerfrüchten aus der Literatur zusammengestellt. Am Beispiel von Soja erfolgte eine Modellierung in DEM mit Parametern aus der Literatur. Auf die Abhängigkeit der Parameter von der Gutfeuchte wird besonders hingewiesen [54].

Einen Überblick über erste Ansätze zur Simulation von Strömungs- und Schnittprozessen und den Möglichkeiten von DEM und der Fluidsimulation wurde erarbeitet. Dabei wird auch auf weitere Verbesserungsmöglichkeiten hingewiesen [55]. Ein Anwendungsbeispiel ist der Einsatz von DEM zur Simulation eines Gurtbecherwerkes zum Transport von Soja [56]. Die Notwendigkeit der Validierung derartiger Modelle für landwirtschaftliche Güter verweist auf entsprechende nötige Referenzprozesse. Mit der Modellierung von biegbaren Strohhalmen und von Getreidekörnern kann dann ein Referenzprozess für die Durchdringung von Körnern durch eine schwingende Strohschicht nachgebildet werden. Erste Ergebnisse zeigen, dass DEM hierfür geeignet ist, die Validierung steht aber noch aus [57].

Simulationstechniken lassen sich auch für die Entwicklung und Optimierung von Lenksystemen verwenden. Hierfür ist ein kinematisches Modell der Maschine nötig. Am Beispiel eines Reis-Mähdreschers wird eine derartige Entwicklung und Anwendung aufgezeigt [58].

Mit Hilfe von stochastischen dynamischen Submodellen, die mit Verzögerungsgliedern verbunden werden, konnte ein Mähdreschermodell aufgebaut werden. Hiermit können auch die Modellunsicherheiten, die bei der Verarbeitung von stark variablem biologischem Material bestehen, gut beherrscht werden [59].

In Fortführung bereits veröffentlichter Arbeiten ist ein Fuzzy-Modell einer Reinigungsanlage entwickelt und mit einer Fuzzy-Regelung verbunden worden. Eingang finden hierbei Ergebnisse aus Experimenten sowie Expertenwissen. Die Regelung erkennt schnell Änderungen bei den Erntebedingungen und reagiert darauf. Neben den Einstellungen der Reinigungsanlage und den Signalen von Verlustsensoren wird noch der statische Druck unter dem Obersieb als Signal für die Siebbeladung und als Indikator für die zu erzielende Reinheit verwendet. Die Position des Drucksensors ist detailliert ermittelt worden [60; 61].

### **Elektrik, Elektronik, Bedienung und Automatisierung**

Für Feuchtemessung von Körnern werden kapazitive Sensoren eingesetzt. Die dielektrischen Stoffeigenschaften sind über viele Jahre ermittelt worden. In einer Zusammenfassung sind diese für eine Vielzahl von Körnerfrüchten in Abhängigkeit von der Feuchte, aber auch von Frequenz, Temperatur und Schüttdichte zusammengefasst. Zudem

wurde ein Modell für diese Stoffeigenschaften entwickelt [62 bis 65]. Ein dielektrisches Referenzmaterial für die Prüfung von kapazitiven Feuchtesensoren wird vorgeschlagen [66]. In den USA ist ein standardisiertes Messprogramm für mobile Feuchtemesser zum Vergleich und zur Verbesserung der Qualität durchgeführt worden. Die Ergebnisse von ausgewählten Sensoren sind sehr gut und im Detail veröffentlicht [67].

Ein Überblick über die im Markt angebotenen Techniken für die Durchsatzmessung in Mähdreschern sowie über die alternativen Entwicklungen und Versuche, die verschiedenen Fehlerquellen auszuschließen, wird von [68] gegeben. Es wird dort noch das Signal einer Kettenspannvorrichtung im Schrägförderer als Sensor für die gesamte Biomasse vorgeschlagen. Es zeigte sich, dass dieses im Gutfluss frühe Signal genutzt werden kann, um die räumliche Zuordnung des am Elevator gemessenen Körnerdurchsatzes zu verbessern. Zur Korrektur des räumlichen Versatzes der Messwerte in nebeneinander liegenden Reihen wird ein Verfahren aus der Bildverarbeitung vorgeschlagen [69]. Weitere Arbeiten zu Durchsatzsensoren befassen sich mit der Drehmomentmessung am Elevator [70], mit der Kombination von Wiegezeile und Lichtschranke an einem Reismähdrescher [71], der Integration einer Prallplatte hinter einem Wurfpadel an der Körnerschnecke eines Reismähdreschers [72] und der Erfassung eines volumetrischen Gutstromes an der Auslauföffnung eines Zwischenbehälters auf ein Förderband mit Abstreifkante [73]. Mit einer zusätzlichen Wiegeeinrichtung für Dichte und einer Neigungskompensation werden 1 - 2 % Abweichung eingehalten. Allerdings wird ein größerer Einbauraum benötigt. Auch die Erfassung der Bestandsdichte vor der Maschine mit Hilfe einer horizontalen, laserbasierten Abtastung über ca. 50 cm Länge wurde entwickelt und erprobt [74]. Die Eignung von Ertragsmesstechnik für den Einsatz zu sogenannter On-Farm-Research wurde bestätigt und zudem Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt [75], und alternative Algorithmen für die Erzeugung von Ertragskarten aus den aufgezeichneten Daten wurden erprobt [76].

Den Einfluss der Maschinenneigung auf den Fehler eines Durchsatzsensors aus einer Prallplatte im Elevatorkopf wurde ermittelt. Vor allem bei Neigungen in Fahrtrichtung reagierte das System mit größeren Fehlern. Zudem konnte eine Durchsatzabhängigkeit des Fehlers ermittelt werden. Auf Basis derartiger Versuche können auch für diesen Sensortyp Algorithmen zur Neigungskompensation entwickelt werden [77].

Zur Entlastung des Fahrers und zur Verbesserung der Maschineneinstellung wurden Expertensysteme entwickelt und in den Markt eingeführt [3, 78]. Eine vergleichende Untersuchung von Mähdrescherbedienungen zeigte noch Verbesserungspotenziale auf. Eine Reduzierung der Fahrerbelastung könnte durch kontextsensitive adaptive Bedienelemente und Bediensysteme erreicht werden, **Bild 3** [79]. Im Rahmen eines von der DFG geförderten Forschungsvorhabens wird eine Methode entwickelt, die aus gemessenen Bedienerzyklen ein parametrierbares Bedienermodell aufbauen soll [80].

Für die automatische Lenkung bei Reihenfrüchten werden mit zwei einfachen Laser-Abstandssensoren, einer seitlich senkrecht zur Fahrtrichtung, der andere schräg voraus schauend, gute Ergebnisse erzielt. Im Labor und auf dem Feld konnten bei Mais und Luzerne die Quer- und die Kursabweichung ermittelt werden. Es wird vorgeschlagen, für eine

automatische Lenkung entlang einer Pflanzenreihe oder einer Bestandskante diese Sensoren zur Unterstützung von günstigen GPS-Systemen einzusetzen [81].



**Bild 3:** Konzeptvarianten von vier möglichen adaptiv variablen Stellelementen [79]

**Figure 3:** Concepts of four variants of adaptive variable control units [79]

### Zusammenfassung

Die Mähdrescher-Hersteller bieten in einem Markt mit stark schwankenden und tendenziell abnehmenden Stückzahlen immer mehr Modelle an. Dadurch kann je nach Einsatzfall, Betriebsstruktur und angebauten Früchten eine passende Maschine gefunden werden. Das Größenwachstum bleibt ungebrochen, aber auch im unteren Leistungssegment werden moderne Maschinen angeboten. Insbesondere im Elektronikbereich finden sehr viele Entwicklungen zur weiteren Fahrerentlastung und zur optimalen Maschineneinstellung statt. Die Simulationstechnik unterstützt die Grundlagenforschung und die Entwicklung. Der Einsatz der Diskreten Elemente Methode DEM eröffnet der Mähdrescherforschung und -entwicklung neue Möglichkeiten.

## **Literatur**

- [ 1] Persönliche Mitteilungen VDMA, 08/2012
- [ 2] Rademacher, T.: Wettbewerb der Systeme nimmt zu. Eilbote 59 (2011) H. 13, S. 10-13.
- [ 3] Böttinger, S., Wacker, P.: Mähdrescher – Stand der Technik und Weiterentwicklungen für die Maschineneinstellung. Landtechnik 65 (2010) H. 2, S. 102-105.
- [ 4] Stirnimann, R.: Überblick über Dreschwerke und Elektronik. Schweizer Landtechnik 72 (2009) H. 6/7, S. 8-11.
- [ 5] Hörner, R., Domnita, R., Speer, J.: DLG-Praxismonitor Mähdrescher: Wo drückt der Schuh? DLG Test Landwirtschaft (2011) H. 3, S. 8-13.
- [ 6] VDI-MEG Tagung Landtechnik AgEng 2009 Hannover 06./07.11.2009. VDI Berichte Nr. 2060. Düsseldorf: VDI-Verlag 2009.
- [ 7] VDI-MEG Tagung Landtechnik 2010 Braunschweig 27./28.10.2010. VDI Berichte Nr. 2111. Düsseldorf: VDI-Verlag 2010.
- [ 8] VDI-MEG Tagung Landtechnik AgEng 2011 Hannover 11./12.11.2011. VDI Berichte Nr. 2124. Düsseldorf: VDI-Verlag 2011.
- [ 9] AgEng 2010 International Conference on Agricultural Engineering, Clermont-Ferrand, 06./8.09.2010.
- [10] CIGR-AgEng 2012 International Conference of Agricultural Engineering, Valencia, 08./12.07.2012.
- [11] ASABE 2009 Annual International Meeting Reno, Nevada 21./24.06.2009.
- [12] ASABE 2010 Annual International Meeting Pittsburgh, Pennsylvania 20./23.06.2010.
- [13] ASABE 2011 Annual International Meeting Louisville, Kentucky 07./10.08.2011.
- [14] International Forum on Harvest Technologies 2011 Zhenjiang, Jiangsu, China 02./04.12.2011.
- [15] Mümken, P., Böttinger, S., Baumgarten, J.: Studies on multi-drum threshing devices - fundamentals for describing the concave-clearance adjustment as a basis for further research. In [7], S. 47-53.
- [16] Mümken, P., Baumgarten, J., Böttinger, S.: Grundlagen zum Tangentialdreschwerk – Mathematische Beschreibung des Dreschspaltverlaufs. Landtechnik 67 (2012) H. 1, S. 26-30.
- [17] Hübner, R.: Funktionsentwicklung eines hybriden Abscheidesystems für Mähdrescher. Landtechnik 65 (2010) H. 1, S. 45-47.
- [18] Böttinger, S., Timofeev, A.: Fördervorgang und Vorentmischung auf dem Vorbereitungsboden von Mähdreschern. Landtechnik 65 (2010) H. 5, S. 380-382.
- [19] Schwarz, M., Schulz, W., Baumgarten, J. und Böttinger, S.: Untersuchung am luftdurchströmten Vorbereitungsboden. Landtechnik 66 (2011) H. 5, S. 358-362.
- [20] Fliege, L.: Einfluss der Hangneigung auf die Leistungsfähigkeit von Reinigungsanlagen im Mähdrescher. Forschungsbericht Agrartechnik des Arbeitskreises Forschung und

Lehre der Max-Eyth-Gesellschaft Agrartechnik im VDI (VDI-MEG) Nr. 495. Dissertation Universität Hohenheim 2011. Aachen: Shaker-Verlag 2011.

- [21] Böttinger, S., Fliege, L.: Working performance of cleaning units of combine harvesters on sloped fields. In [7], S. 63-68.
- [22] Gebrehiwot, M.G., de Baerdemaeker, J., Baelmans, M.: Effect of a cross-flow opening on the performance of a centrifugal fan in a combine harvester: Computational and experimental study. Biosystems Engineering 105 (2010) S. 247-256.
- [23] Gebrehiwot, M.G., de Baerdemaeker, J., Baelmans, M.: Numerical and experimental study of a cross-flow fan for combine cleaning shoes. Biosystems Engineering 106 (2010) S. 448-457.
- [24] Busato, P., Berruto, R., Cardoso, L., Bartosik, R.: Logistics and economics of grain harvest and transport systems with the use of silo-bag. ASABE-Paper No. 1100023.
- [25] Herlitzius, T., Mueller, H., Kranke, G., Wittig, H., Wolf, J.: Concept study of a self propelled harvester versus a modular system. In [7], S. 69-75.
- [26] -, -: Mähdrescher ohne Reinigung? Lohnunternehmen 67 (2012) H. 2, S. 46-49.
- [27] Wiedermann, A., Harms, H.-H.: Messungen an einem Mähdrescherhäcksler mit Exaktschnitt. Landtechnik 64 (2009) H. 3, S. 191-193.
- [28] Schwarz, M., Zähl, T., Gottlieb, D., Böttinger, S.: Leistungsbedarf am Mähdrescherhäcksler. Landtechnik 66 (2011) H. 4, S. 272-275.
- [29] Kattenstroth, R., Harms, H.-H., Lang, T.: Ausrichtung von Strohhalmen zur Optimierung des Schnittprozesses in einem Mähdrescherhäcksler. Landtechnik 66 (2011) H. 5, S. 354-357.
- [30] Rohberge, M., Benes, J., Isaac, H.: Modelling and crop flow in combine chopper and spreader. XVIIth CIGR World Congress, Québec, Canada, 13./17.06.2010, CSBE 101355.
- [31] Korn, C., Fehrmann, J., Herlitzius, T., Flanhardt, M., Acimas, A.: Entwicklung eines Mähdrescherstrohhäckslers für große Arbeitsbreiten. Landtechnik 67 (2012) H. 1, S. 11-16.
- [32] Karkee, M., McNaull, R.P., Birrell, S.J., Steward, B.L.: Agricultural biomass removal rate estimation for real-time optimization of single pass crop grain and biomass harvesting system. ASABE-Paper No. 1009973.
- [33] Buchanan, G.A., Dunn, J.A., Fischer, J.R., Johnson, S.R., Finnell, J.A.: From field to biorefinery. Resource 15 (2008) H. 5, S. 5-7.
- [34] Shinnars, K.J., Boettcher, G.C., Hoffman, D.S., Munk, J.T., Muck, R.E., Weimer, P.J.: Single-pass harvest of corn grain and stover: Performance of three harvester configurations. Transactions of the ASABE 52 (2009) H. 1, S. 51-60.
- [35] Shinnars, K.J., Bennett, R.G., Hoffman, D.S.: Single- and two-pass corn stover harvesting systems. Transactions of the ASABE 55 (2012) H. 2, S. 341-350.

- [36] Handler, F., Blumauer, E., Sulzbacher, L., Mair, B., Rathbauer, J.: Analyse von Verfahren zur Maisspindelernte. 18. Arbeitswissenschaftliches Kolloquium, Tänikon, Schweiz 13./14.03.2012, S. 61-69.
- [37] Berry, N. K., Saunders, C., Fielke, J. M.: Relating the power requirement of the Harrington Seed Destructor to chaff throughput. AgEng 2012
- [38] Klüsendorf-Feiffer, A.: Druscheignung als zentrale Führungsgröße im Erntemanagement. Am Beispiel von vier verfahrenstechnischen Ansätzen. Dissertation Humboldt-Universität zu Berlin 2009.
- [39] Ashtiani Araghi, H., Sadeghi, M., Hemmat, A.: Physical properties of two rough rice varieties affected by moisture content. Int. Agrophysics 24 (2010) S. 205-207.
- [40] Askari Asli-Ardeh, E., Abbaspour-Gilandeh, Y., Shojaei, S.: Determination of dynamic friction coefficient of paddy grains on different surfaces. Int. Agrophysics 24 (2010) S. 101-105.
- [41] Izli, N., Unal, H., Sincik, M.: Physical and mechanical properties of rapeseed at different moisture content. Int. Agrophysics 23 (2009) S. 137-145.
- [42] Ozturk, I., Kara, M., Uygan, F., Kalkan, F.: Restitution coefficient of chick pea and lentil seeds. Int. Agrophysics 24 (2010) S. 209-211.
- [43] Tavakoli, H., Mohtasebi, S.S., Jafari, A.: Physical and mechanical properties of wheat straw as influence by moisture content. Int. Agrophysics 23 (2009) S. 175-181.
- [44] Tavakoli, H., Mohtasebi, S.S., Jafari, A., Nazari Galedar, M.: Some engineering properties of barley straw. Applied Engineering in Agriculture 25 (2009) H. 4, S. 627-633.
- [45] Risius, H., Korte, H.: Prozessanalytik zur Gutstromtrennung während des Mähdruschs. Landtechnik 65 (2010) H. 1, S. 34-37.
- [46] Berberich, J., Risius, H., Huth, M., Hahn, J.: Investigation of continuous imaging analysis of grain quality on a combine harvester. In [9].
- [47] Tallada, J.G., Wicklow, D.T., Pearson, T.C., Armstrong, P.R.: Detection of fungus-infected corn-kernels using near-infrared reflectance spectroscopy and color imaging. Transactions of the ASABE 54 (2011) H. 3, S. 1151-1158.
- [48] Choudhary, R., Mahesh, S., Paliwal, J., Jayas, D.S.: Identification of wheat classes using wavelet features from near infrared hyperspectral images of bulk samples. Biosystems Engineering 102 (2009) S. 115-127.
- [49] Pearson, T.C., Wicklow, D.T., Brabec, D.L.: Characteristics and sorting of white food corn contaminated with mycotoxins. Applied Engineering in Agriculture 26 (2010) H. 1, S. 109-113.
- [50] Pearson, T.: High-speed sorting of grains by color and surface texture. Applied Engineering in Agriculture 26 (2010) H. 3, S. 499-505.
- [51] Saito, S., Ishibashi, J., Miyamoto, T., Tateishi, Y., Ito, T., Hara, M., Kawano, M., Nakajima, T., Yoshida, M., Kawamura, T., Iwase, K.: Reduction of wheat DON and NIV concentrations with optical sorters. Transactions of the ASABE 52 (2009) H. 3, S. 859-866.



- [52] Potter, P., Valiente, J.M., Andreu-García, G.: Automatic visual inspection of corn kernels using principal component analysis. In [9].
- [53] González-Montellano, C., Llana, D.F., Fuentes, J.M., Ayuga, F.: Determination of the mechanical properties of corn grains and olive fruits required in DEM simulations. ASABE-Paper No. 1111505.
- [54] Boac, J. M., Casada, M.E., Maghirang, R.G., Harner III, J.P.: Material and interaction properties of selected grains and oilseeds for modelling discrete particles. Transactions of the ASABE 53 (2010) H. 4, S. 1201-1216.
- [55] Jahr, A., Corves, B., Batos, A., Schumacher, M.: Simulation landtechnischer Schnitt- und Strömungsprozesse. Landtechnik 65 (2010) H. 5, S. 372-375.
- [56] Boac, J. M., Casada, M.E., Maghirang R.G., Harner III, J.P.: 3-D and quasi-2-D discrete element modelling of grain commingling in a bucket elevator boot system. Transactions of the ASABE 55 (2012) H. 2, S. 659-672.
- [57] Lenaerts, B., Tijskens, E., de Baerdemaeker, J., Saeys, W.: Simulation of grain-straw separation by a discrete element approach with bendable straw particles. In [9].
- [58] Zhang, Z., Noguchi, N., Ishii, K.: Development of a combine harvester model for navigation simulation. In [9].
- [59] Coen, T., de Baerdemaeker, J., Saeys, W.: Throughput control on a combine harvester using model-based predictive control. ASABE-Paper No. 1009078.
- [60] Craessaerts, G., Saeys, W., Missotten, B., de Baerdemaeker, J.: Identification of the cleaning process on combine harvesters, Part II: A fuzzy model for prediction of the sieve losses. Biosystems Engineering 106 (2010) S. 97-102.
- [61] Craessaerts, G., de Baerdemaeker, J., Missotten, B., Saeys, W.: Fuzzy control of the cleaning process on a combine harvester. Biosyst. Engineering 106 (2010) S. 103-111.
- [62] Nelson, S.O., Trabelsi, S.: Dielectric properties of agricultural products and applications. ASABE-Paper No. 096182.
- [63] Nelson, S.O., Trabelsi, S.: Grain and seed moisture and density measurement through sensing of dielectric properties. ASABE-Paper No. 1008521.
- [64] Nelson, S.O., Trabelsi, S.: Microwave dielectric properties models for grain and seed. ASABE-Paper No. 1008518.
- [65] Nelson, S.O., Trabelsi, S.: A century of grain and seed moisture measurement by sensing electrical properties. Transactions of the ASABE 55 (2012) H. 2, S. 629-636.
- [66] Funk, D.B., Gillay, Z.: Dielectric reference materials for mathematically modelling and standardizing grain moisture meters. ASABE-Paper No. 096651.
- [67] Pierce, R.O., Brenner, C.A., Freese, L.D., Funk, D.B.: Standardizing grain moisture meter performance: Overview of an on-going calibration program. ASABE-Paper No. 096619.
- [68] Veal, M.W., Shearer, S.A., Fulton, J.P.: Development and performance assessment of a grain combine feeder house-based mass flow sensing device. Transactions of the ASABE 53 (2010) H. 2, S. 339-348.

- [69] Lee, D.H., Sudduth, K.A., Drummond, S.T., Chung, S., Brenton Myers, D.: New methods for automatic delay time compensation in grain yield maps. ASABE-Paper No. 1111626.
- [70] Zandonadi, R.S., Stombaugh, T.S., Shearer, S.A., Queiroz, D.M., Sama, M.P.: Laboratory performance of a mass flow sensor for dry edible bean harvesters. Applied Engineering in Agriculture 26 (2010) H. 1, S. 11-20.
- [71] Chosa, T., Morimoto, E., Takemoto, S.: Development of an attachable yield monitoring system and an evaluation of a reduced nitrogen input. In [9].
- [72] Shoji, K., Kawamura, T.: A mini grain-yield sensor and in-situ non-linear calibration – impact-by-impact sensing to compensate for its own drift and to preserve non-linearity for enhanced accuracy. ASABE-Paper No. 1111161.
- [73] Wild, K.J., Sonntag, M., Thomas, J., Roehnick, M., Barth, D.: A yield monitor for combines based on volume and density measurements. ASABE-Paper No. 1111796.
- [74] Farmanesh, A., Shamsi, M.: Experimental method to estimate crop density by laser beam. In [9].
- [75] Taylor, R., Fulton, J., Mullenix, D., Darr, M., McNaull, R., Haag, L., Staggenborg, S.: Using yield monitors to assess on-farm test plots. ASABE-Paper No. 1110690.
- [76] Gómez-Gil, J., López-López, L.J., Navas-Gracia, L.M., Ruiz-Ruiz, G.: The spatial low-pass filtering as an alternative to interpolation methods in the generation of combine harvester yield maps. Applied Engineering in Agriculture 27 (2011) H. 6, S. 1087-1097.
- [77] Fulton, J.P., Sobolik, C.J., Shearer, S.A., Higgins, S.F., Burks, T.F.: Grain yield monitor flow sensor accuracy for simulated varying field slopes. Applied Engineering in Agriculture 25 (2009) H. 1, S. 15-21.
- [78] Baumgarten, J., Neu, S., Kettelhoit, B.: An assistance system for the optimization of the harvesting process in combine harvesters. In [5] S. 363-368.
- [79] Böttinger, S., Leipold, T., Maier, T.: Bewertung von Mähdrescher-Bediensystemen. Landtechnik 66 (2011) H. 5, S. 329-332.
- [80] Stamm von Baumgarten, T., Harms, H.-H., Lang, T.: Bedienerbezogene Bewertung mobiler Arbeitsmaschinen. Landtechnik 66 (2011) H. 6, S. 414-417.
- [81] Pitla, S.K., Luck, J.D., Shearer, S.A.: Guidance Directrix Generation Using Laser Sensors. ASABE-Paper No. 096726.

---

#### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

##### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Böttinger, Stefan: Mähdrescher. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-14

##### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043454>

##### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/55.html>

---

## Körnerkonservierung

Jochen Mellmann, Thomas Hoffmann,  
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB)

### Kurzfassung

Erntefrisches Getreide kann in den meisten Fällen nicht ohne konservierende Maßnahmen eingelagert werden. Die Konservierung durch Wasserentzug ist dabei das am häufigsten eingesetzte Verfahren. Neben geringen Verfahrenskosten gewinnt zunehmend die Energieeffizienz an Bedeutung. Bei der Belüftungstrocknung kann der Energieeinsatz durch optimierte Luftzuführeinrichtungen und durch computergestützte Mess- und Regeleinrichtungen verringert werden. Bei Dächerschachttrocknern sind das Trocknungsverfahren und der Trocknerapparat an sich Gegenstand von Entwicklungen. Der gegenwärtig hohe Getreidepreis veranlasst wieder Landwirte, über die hofeigene Getreidelagerung nachzudenken. Vereinfachte Lagervarianten sind mit geringen Investitionen umsetzbar.

### Schlüsselwörter

Belüftungstrocknung, Dächerschachttrockner, Verfahrensoptimierung, Energieeffizienz

## Grain Preservation

Jochen Mellmann, Thomas Hoffmann,  
Leibniz-Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim e. V. (ATB)

### Abstract

Farm-fresh grain cannot be stored without preserving measures in most cases. Grain preservation by water removal is the most frequently used process for this purpose. Besides low process costs the energy efficiency attains growing importance. In ventilation drying, the energy consumption can be reduced by applying optimized air inlet facilities and computer-aided measuring and control systems. In mixed-flow grain drying, the drying process and the dryer apparatus are subject of actual research. Due to increasing prices at the grain market, the farmers are forced to think about court-intrinsic storage again. Simplified storage layouts can be realized at low costs.

### Keywords

Ventilation drying, mixed-flow dryer, process optimization, energy efficiency

## Allgemeines

Die Weltmarktpreise für Nahrungsmittel sind in den 90er Jahren aufgrund starker Erzeugungssteigerung bis hin zu Überproduktion zurückgegangen. Wo einst von historischen Tiefständen gesprochen werden konnte, steigen heute die Preise auf Rekordwerte. Schlechte Ernten, geringe Nahrungsmittelreserven und verstärkte Spekulationen mit Agrarrohstoffen haben laut Experten die Preise in die Höhe getrieben. Innerhalb der Erntesaison 2010/2011 hat sich der Weizenpreis fast verdoppelt [1; 2].

Die Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen FAO schätzt, dass bis 2050 eine Steigerung der Erzeugung von Nahrungsmitteln um 70 % notwendig ist. Jedoch verderben weltweit jährlich ca. 10 - 20 % in den Lagern. Der größte Teil dieser Verluste entsteht durch Insektenbefall und Pilzwachstum [3]. Erntefrisches Getreide kann in den meisten Fällen nicht in dem Zustand eingelagert werden, wie es vom Halm kommt. Die Zustandsbedingungen des Getreides, wie hoher Feuchtegehalt, zu hohe Lagertemperaturen und Kornatmung, beeinflussen maßgeblich die Lagerfähigkeit. Schimmelpilz- und Bakterienbefall, Insekten und Auswuchs führen zum Verderb. Ölsaaten sind bei fehlerhafter Lagerung in den meisten Fällen sofort verdorben.

Sämtliche Maßnahmen zwischen der Ernte und dem Verkauf haben das Ziel, die Preiswürdigkeit von Marktgetreide abzusichern. Dieses Ziel bedarf Methoden, die auf die natürlichen Nachreifeprozesse des Getreides reagieren und somit den Mengen- und Qualitätserhalt des Lagergutes sichern [4].

## Belüftungstrochnung

Durch den niedrigen Energiebedarf und die Eigenschaft, große Getreidemengen im Feuchtebereich 17 - 18 % schonend haltbar zu machen, hat sich die Belüftungstrochnung in der Getreidelagerung als eigenständiges Verfahren etabliert. Eine Übersicht zu Vor- und Nachteilen ist in [5] gegeben. Obgleich mit ca. 4 %-Punkten nur ein geringer Teil der im Korn gespeicherten Feuchte entzogen werden kann, lässt sich durch aktuelle Erkenntnisse eine erhebliche Optimierung dieses Verfahrens erzielen. Für eine Belüftung mit atmosphärischer Luft sind neben Standortfaktoren [6] bestimmte Grundvoraussetzungen zu berücksichtigen, die in [7; 8] diskutiert werden. Demnach sind für ein gleichmäßiges Durchströmen des Getreidestapels mit Lufraten von ca. 10 bis 20 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> nicht nur der Abstand und die Verteilung der Belüftungskanäle entscheidend, sondern auch deren Länge in Abhängigkeit vom Querschnitt und der Kanalperforierung. In Silos können tote Ecken über Vollbelüftungsböden (Fa. Bintec) vermieden werden. Hierbei werden Bodenpaneele durch ein Klicksystem [9] über dem gesamten Querschnitt verlegt, welche abhängig von der Partikelgröße eine entsprechend ausgelegte Lochperforation (Raps ~1,3 mm) besitzen. Je nach aufkommender Erntemenge können auch sog. Viereckzellen (Fa. Neuero) eine gezielte Luftführung ermöglichen [10].

Eine wichtige Rolle für eine energieeffiziente Prozessführung nimmt auch die Überwachung der Temperatur und relativen Feuchte ein. Dazu werden mitunter mehrere Messfühler benötigt, die gleichmäßig über der Oberfläche und in der Tiefe des Haufenwerks anzuordnen

sind [8]. Auf diese Weise können Rückschlüsse auf die Entwicklung der Gutfeuchte gezogen und gegebenenfalls eine manuelle Anpassung des Luftdurchsatzes vorgenommen werden. Der damit verbundene Mess- und Steueraufwand kann auch über computergestützte Regeleinrichtungen vereinfacht und effizienter gestaltet werden. Bei diesen Systemen werden über die dynamische Ausgleichsfeuchte Belüftungs- und Trocknungsvorgänge automatisch geregelt, überwacht und dokumentiert [9].

### Warmlufttrocknung

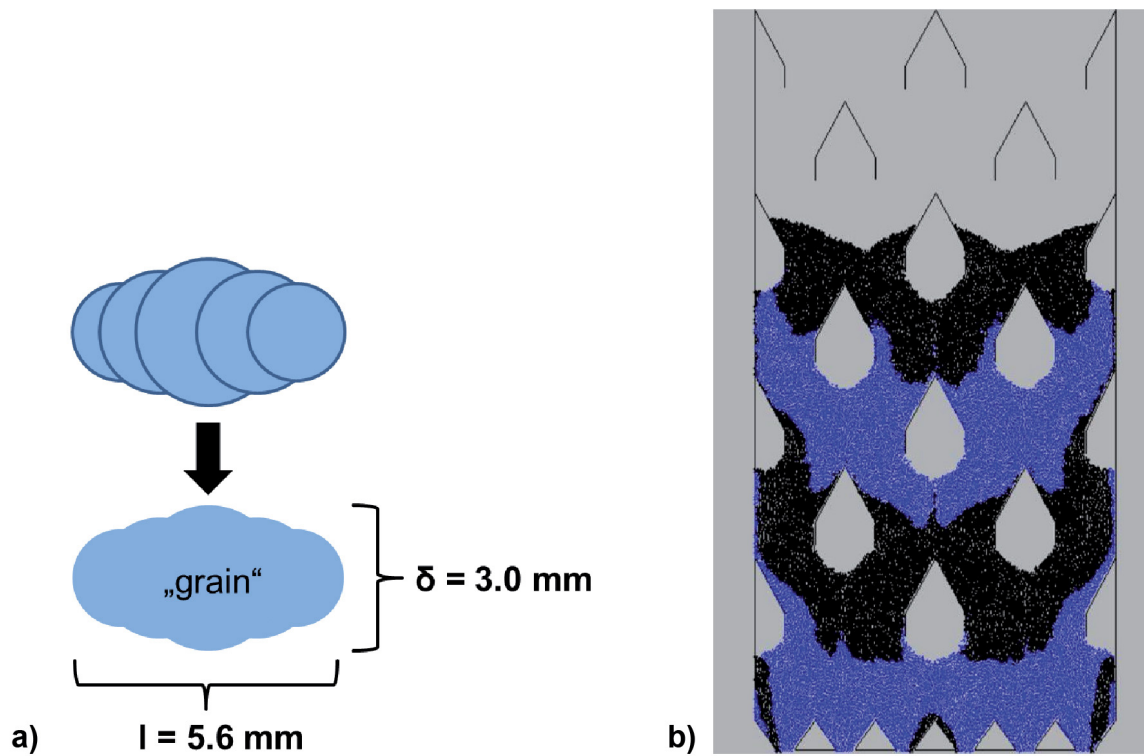
Etwa 90 % der landwirtschaftlichen Betriebe entscheiden sich für ein Trocknungsverfahren zur Konservierung ihrer Erntefrüchte. Die Durchlauftrocknung, die Silotrocknung sowie die Lagerbelüftungstrocknung sind derzeit die Verfahren, denen die größte Bedeutung zukommt [6]. Landwirtschaftliche Trocknungsanlagen werden nur zeitlich begrenzt zur Getreide- oder Körnermaistrocknung mit einer jährlichen Laufzeit von ca. 100 bis 1000 Betriebsstunden eingesetzt. Nur durch eine weitere Verbesserung der Energieeffizienz des Trocknungsverfahrens sowie des Trocknerapparates können stetig steigende Preise für die Trocknungsenergie sowie mittelfristig steigende Preise für die Rohware ausgeglichen werden. Beim Dächerschachttrockner war bisher vorrangig die Trocknerregelung Gegenstand der Forschungen zur Verfahrensoptimierung. Das Ziel war, die Trocknerleistung zu steigern und gleichzeitig die Produktqualität zu sichern. Aktuelle Untersuchungen und Weiterentwicklungen haben den Schwerpunkt auf die Optimierung des Trocknungsverfahrens sowie des Trocknerapparates verlegt [11-13].

Die Vorwärmung der Trocknungsluft konventioneller Agrartrocknungsanlagen stellt eine saisonale Möglichkeit dar, die Abwärme von mit Biogas betriebenen Blockheizkraftwerken (BHKW) sinnvoll zu nutzen. Hier bietet Stela Laxhuber GmbH, Massing, eine Vielzahl von individuellen Lösungen an. Eine Einsparung von fossilen Energieträgern bis zu 100 % bei der Getreidetrocknung und über 60 % bei der Maistrocknung wird als realisierbar eingeschätzt [14].

Interessant ist die Kombination eines Kühlaggregats mit der vorhandenen Warmlufttrocknung. Die Trocknerkapazität kann deutlich erhöht werden, wenn nicht mehr bis zur Endfeuchte heruntergetrocknet werden muss, sondern der Trocknungseffekt bei der anschließenden Kühlbelüftung ausgenutzt wird. Hier liegt das Einsparpotenzial bei bis zu 20 %. Die Idee basiert auf dem „Dry Areation“-Verfahren und wird von der Firma Schmidt-Seeger angeboten [15].

Die Apparategestaltung des Dächerschachttrockners wurde in den vergangenen Jahrzehnten kaum verändert. Am Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB) werden in Zusammenarbeit mit der NEUERO Farm- und Fördertechnik GmbH Untersuchungen zur Energieeffizienzsteigerung bei der Getreidetrocknung durchgeführt. Ziel der Untersuchungen ist es, potenzielle Schwachstellen im Trockneraufbau sowie Vor- und Nachteile einzelner Designelemente zu identifizieren und diese hinsichtlich der Gleichmäßigkeit der Trocknung, des Energieverbrauchs und der Betriebssicherheit zu bewerten. Für eine systematische verfahrenstechnische Analyse werden zunehmend numerische Verfahren der Computational Fluid Dynamics (CFD) und der Diskrete Elemente

Methode (DEM) angewandt (Bild 1). Diese Arbeiten bilden die Grundlage für die Entwicklung einer neuen Trocknergeometrie [16].



**Bild 1:** a) Modell eines Weizenkorns (ellipsoide Form);

b) DEM-Simulation der Schüttgutbewegung in einem Dächerschachttrockner mit ellipsoiden Partikeln

**Figure 1:** a) Model of a wheat grain (ellipsoidal shape)

b) DEM simulation of bulk solids motion in a mixed-flow dryer with ellipsoidal particles

## Getreidekühlung

Für eine dauerhafte Lagerung ist die Getreidekühlung als Teilprozess der Nacherntetechnik unverzichtbar [17]. Getreide befindet sich auch nach der Ernte noch in einem biologisch aktiven Zustand, in dem Stoffwechselprozesse ablaufen [18]. Mit der Atmung der Körner stellt sich eine Selbsterwärmung ein, die durch Wärmeabgabe begleitet wird. Neben dem dadurch begünstigten Substanzverlust bieten die entstehenden Wärmenester optimale Voraussetzungen für den Befall mit Schädlingen und Mikroorganismen. Erst bei Temperaturen unterhalb von  $15^{\circ}\text{C}$  treten die meisten Insekten in eine Art Kältestarre, und eine Vermehrung kann verhindert werden [19]. Weiterhin besitzt Getreide die Eigenschaft, hygroskopisch zu reagieren und einen Ausgleich mit der Feuchte anzustreben, die in der warmen Luft transportiert wird. Zur Abschätzung der erreichbaren Gleichgewichtsfeuchte bieten sich die in der Literatur verfügbaren Sorptionsisothermen für das jeweilige Ernteprodukt an.

In der Praxis haben sich die Kühlung mit Außenluft und die „Kompressorkühlung“ durchgesetzt, deren Rahmendaten in [18] zu finden sind. Hierin wird eine Luftrate von



mindestens 15 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> Getreide empfohlen, denn oftmals sind unterdimensionierte Kühlanlagen die Ursache für Verderbprozesse (Schädlingsbefall, Feuchteaufnahme, gesteigerter Substanzverlust). Neuste Getreidekühlgeräte bietet die Fa. FrigorTec an. Ein Gebläse saugt Umgebungsluft an, die in einem Luftkühler auf eine gewünschte Temperatur abgekühlt wird [20]. In diesem Schritt wird die relative Luftfeuchte zunächst gesenkt. Die daran anknüpfende „HygromatTM“-Einrichtung nutzt die beim Kälteprozess entzogene Energie, um im nächsten Schritt die Kaltluft wieder um wenige Grad zu erwärmen. Durch diesen Prozess kann die kalte, getrocknete Luft den Verhältnissen der Getreideschüttung entsprechend in ihrer Temperatur angepasst werden, wodurch einer Anfeuchtung des Getreides vorgebeugt wird.

## Lagerung

Die gegenwärtig gezahlten hohen Getreidepreise [1; 2] lassen wieder die Frage aufkommen, ob sich eine hofeigene Getreideaufbereitung und -lagerung lohnt. Wie in den letzten Jahren kann die Frage nicht eindeutig beantwortet werden. Im Ergebnis einer Kostenrechnung zeigt sich, dass infolge der zu erwartenden moderaten Preissteigerungen im Laufe der Lagerperiode immer noch der sofortige Verkauf der Ware nach der Ernte zu empfehlen ist [21]. Bei entsprechenden Rahmenbedingungen investieren Landwirte dennoch in eigene Lagerkapazitäten. Nach kanadischem Vorbild bieten einfach aufgebaute Silorundbehälter und mobile Förderschnecken zur Be- und Entleerung eine relativ preiswerte Variante für Neuanlagen zur Getreidelagerung [22]. Geringe Investitionskosten sind auch mit mobilen Zeltlagern der Firma Busche zu realisieren [23].

Eine weitere Möglichkeit zur Kosteneinsparung bieten Lager mit Trocknungseinrichtungen, die die Wärmeenergie von Biogasanlagen nutzen [24; 25]. Neben Getreide können auch Holzhackschnitzel getrocknet werden, um die Auslastung der Anlage zu erhöhen. Die von der Biogasanlage bereitgestellte Wärmeenergie muss in Menge und Temperatur den Anforderungen der Getreidetrocknung entsprechen [6].

Eingelagertes Getreide bietet Lebensraum für Käfer, Motten, Staubläuse und Milben. Diese können das eingelagerte Getreide befallen, sich vermehren und zu beträchtlichen Schäden führen. Als Gegenmaßnahmen sollten vor dem Einlagern alle Lagerräume und Fördereinrichtungen gesäubert und Getreidereste und Ablagerungen entfernt werden. Bei Insektenbefall können Insektizide eingesetzt werden, deren Anwendbarkeit aber durch EU-Verordnungen zunehmend eingeschränkt wird [26].

Eine weitere Möglichkeit zum Lagern von Getreide bieten Folienschläuche. Trocken eingelagertes Getreide ist mit geringen Kosten ohne Qualitätseinbuße bis zu 6 Monate lagerbar. Der Lagerort und die Lagerkapazität können flexibel gestaltet werden [27].

## Literatur

- [1] -.-: Getreide und Reis könnte schon 2020 durch Klimawandel verknappen. Mühle + Mischfutter 148 (2011) H. 3, S. 94.
- [2] Mennerich, J.: Ernte schlecht - Preise hoch? Top Agrar 40 (2011) H. 7, S. 114-117.
- [3] Gießübel, R.: Entwicklung des Brotgetreidemarktes unter dem Aspekt der nachwachsenden Rohstoffe und der Bioenergie. Mühle + Mischfutter 149 (2011) H. 8, S. 234-236.
- [4] Münzing, K.: Getreidefeuchte - eine kritische Qualitätsgröße zwischen Ernte und Vermarktung. Mühle + Mischfutter 148 (2012) H. 15, S. 490-494.
- [5] Bombien, M.: Schonend und energiearm trocknen. Neue Landwirtschaft 22 (2011) H. 2, S. 54-58.
- [6] Bombien, M.: Nicht ohne Lüftung. Bauernzeitung 53 (2012) 3. Woche, S. 30-31.
- [7] Winter, A.: Schwitzen und sparen. Bauernzeitung 53 (2012) 3. Woche, S. 32-35.
- [8] Gerhard, H.: Gesund durch Luft. Neue Landwirtschaft 22 (2011) H. 6, S. 70-72.
- [9] -.-: Systemlösungen für eine effiziente Getreidelagerung. Getreidemagazin 17 (2012) H. 2, S. 67.
- [10] Poppe, G.: Viereckzellen, Bauart Neuero. Mühle + Mischfutter 148 (2011) H. 14, S. 477.
- [11] Grube, J. und Böckelmann M.: Die Ernte in trockenen Tüchern - Kennzahlen zur Getreidetrocknung. Pflanze und Technik 66 (2011) H. 4, S. 276-281.
- [12] Mellmann, J., Iroba, K. L., Metzger, T., Tsotsas, E., Mészáros, C. und Farkas, I.: Moisture Content and Residence Time Distributions in Mixed-Flow Grain Dryers. Biosystems Engineering 109 (2011) H. 4, S. 297-307.
- [13] Jokiniemi, T., Kautto, K., Kokin, E. und Ahokas, J.: Energy efficiency measurements in grain drying. Agronomy Research 9 (2011) Special Issue 1, S. 69-75.
- [14] Sahlmann, N.: Durchlauftrockner mit Biogas- und Abwärmenutzung. Mühle + Mischfutter 149 (2012) H. 3, S. 80-81.
- [15] Wiesmeier, F. und Wolf, A.: Energieeinsparung in der Trocknungstechnik. Mühle + Mischfutter 148 (2011) H. 11, S. 361-364.
- [16] Weigler, F., Scaar, H. und Mellmann, J.: Investigation of particle and air flows in a mixed flow dryer. Drying Technology 30 (2012), accepted
- [17] Lawrence, J., Maier, D. E.: Aeration strategy simulations for wheat storage in the sub-tropical region of North India. Transaction of the ASABE 54 (2011) H. 4, S. 1395-1405.
- [18] Spreu, A.: Fachgerechtes Kühlen von Getreide. Getreidemagazin 17 (2012) H. 2, S. 62-63.
- [19] Kolb, R. E.: Qualitätssicherung von Marktgetreide im Lager. Mühle + Mischfutter 148 (2011) H. 11, S. 365-366.
- [20] Poppe, G.: Getreidekühlgeräte „GranifrigorTM“, Bauart FrigorTec. Mühle + Mischfutter 149 (2012) H. 12, S. 379.

- [21] Gerdes, H.: Lagern lohnt sich nicht. Bauernzeitung 53 (2012) 3.Woche, S. 34-35.
- [22] Berning, F.: Lagern auf kanadisch. Top Agrar 41 (2012) H. 3, S. 148-149.
- [23] Cord, D.: Zeltlagerhallen für die Zwischenlagerung von Getreide. Mühle + Mischfutter 148 (2011) H.4, S. 126.
- [24] Rolink, D.: Eine Trocknungshalle nach Maß. Top Agrar 41(2012) H. 2, S. 19
- [25] Dorsch, K.: 25 Tonnen Mais pro Tag. Top Agrar 41 (2012) H. 2, S. 20-21
- [26] Schöller, M.: Hausputz im Lager. dlz agrarmagazin (2011) H. 6, S. 26-30
- [27] Idler, C., Wagner, A., Weber, U. und Hoffmann, T.: Nahrungsgetreide im Folienschlauch - eine sichere Lagerung. Landtechnik 66 (2011) H. 2, S. 92-95

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Mellmann, Jochen; Hoffmann, Thomas: Körnerkonservierung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-7

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043456>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/88.html>

## **Zuckerrübentechnik**

Peter Schulze Lammers,  
Universität Bonn, Institut für Landtechnik

### **Kurzfassung**

Der Anbau von Zuckerrüben in Deutschland hat sich auf einer Fläche von 360 000 ha stabilisiert. Die Hersteller von Erntetechnik konnten deshalb über einen hohen Absatz auch Neuerungen in den Markt bringen. Dazu zählt insbesondere die veränderte Technik zur Entfernung des Blattes. Zwei Ansätze beginnen sich durchzusetzen, einmal das Abschlegeln mit einem zweiwelligen Schlegelvorsatz ohne Köpfschnitt und zweitens das Köpfen mit Schnittstärkenverstellung. Mit diesen Verfahren kann zwischen 3 und 4 % mehr Rübenmasse geerntet werden. Der Hersteller Kleine hat eine neue Baureihe von KRB 6 SF in zwei- und dreiachsiger Ausführung vorgestellt mit einem Bunkerfassungsvermögen von bis zu 40 m<sup>3</sup>. Reinigungslader werden jetzt mit einer Aufnahmebreite von bis zu 10 m und höhenverstellbaren Kabinen angeboten.

### **Schlüsselwörter**

Roder, Mikrotopping, Entblatten, teilflächenspezifischer Ertrag

## **Harvest of sugar beet**

Peter Schulze Lammers,  
University of Bonn, Institut fuer Landtechnik

### **Abstract**

Sugar beets have been grown on an area of 360 000 ha in Germany. Growers used the stable conditions to purchase new equipment, manufacturers of harvest technology could sell their newest products and as a consequence the related innovations entered into the practice. High attention was given to mass loss reducing of beet topping. Two approaches are now established in the farmers practice. Defoliation by two shaft choppers with flails and micro topping by cutting device have lowered the cut height for smaller plants. The average mass loss by traditional topping is estimated at 3 to 4 % of the beet mass. A new chassis with tow joints in the central frame and wheel steering on all axles has been launched by the company Kleine for tankers with load capacity of up to 40 m<sup>3</sup>. Loader cleaners are now offered with 10 m pickup devices and liftable cabins.

### **Keywords**

Tanker chassis, beet topping, beet scalping, lot specific yield

## **Allgemeine Entwicklung**

Der Zuckermarkt in Europa hat sich in einer Form entwickelt, die nach Änderung der Zuckermarktordnung im Jahr 2006 nicht vorstellbar war. In den letzten beiden Jahren sind die Zuckerpreise auf dem europäischen Markt über den Weltmarktpreis gestiegen und es entstand eine Nachfrage nach Zuckerrüben über die Quoten hinaus. Daraus hat sich in den letzten drei Jahren eine stabile Entwicklung des Zuckeranbaus auf ca. 360 000 ha in Deutschland ergeben [1]. Die Rübenanbauer haben die günstige Situation für Ersatzbeschaffungen genutzt und damit für eine gute Auftragslage bei den Herstellern gesorgt. Nach wie vor ist der deutsche Markt für Zuckerrübentechnik in der Hand der deutschen Hersteller, ausländische Fabrikate werden kaum gekauft.

Eine fortgesetzte Entwicklung findet bei der Funktion "Entfernung des Blattes" statt. War bisher der Köpfschnitt der abschließende Vorgang um den Blattapparat vollständig von den Rüben zu entfernen, wird jetzt nach technischen Lösungen gesucht, den Verlust an Rübenmasse, den der Köpfschnitt verursacht, zu reduzieren. Einerseits werden Entblätterer angeboten, die das Blatt bis zu den Blattansätzen an den Rübenköpfen abschlegeln, andererseits werden Nachköpfeinrichtungen entwickelt, die die Köpfmesser so einstellen, dass nur geringe Masseverluste entstehen.

## **Blattentfernung**

Die Firma Grimme hat bereits 2007 einen Entblätterer vorgestellt, der als Vorsatz für die in Deutschland gebräuchlichen KRB 6 SF verwendet, aber auch im zweiphasigen Verfahren im Frontanbau von Traktoren eingesetzt werden kann. Das Gerät ist eine Ableitung der Entblattungstechnik, wie sie in den USA seit vielen Jahren eingesetzt wird. Zur Anpassung an die Bedingungen in Deutschland wurde die Anzahl der Schleglerwellen auf zwei reduziert, um das Gerät für den Frontanbau tauglich zu machen.

Von verschiedenen Institutionen wurden Untersuchungen zum Masseverlust durch den Köpfschnitt bzw. den Ertragsgewinn beim Abschlegeln der Blätter durchgeführt [2 bis 4]. **Bild 1** illustriert die Masseverluste durch den Köpfschnitt, in **Tabelle 1** sind für verschiedene Rübengrößen die Massenanteile des Rübenkopfes angegeben. Daraus kann die Abschätzung vorgenommen werden, dass heute bei einer häufig anzutreffenden flachen Köpfereinstellung mit einer Köpfdicke von 2 cm der Bereich der Masseverluste zwischen 2,8 und 5,8 % liegt. In Feldversuchen wurden diese Werte mit Masseverlusten durch das Köpfen von 3 bis 4 % [2 bis 3] bestätigt.



**Bild 1:** Masseverluste durch Köpfschnitt an der Rube.

**Figure 1:** Mass loss by topping of beets.

**Tabelle 1:** Masse des Rübenkopfes von Rüben zwischen 1800 und 200 g bei Köpfschnitten von 1 bis 4 cm.

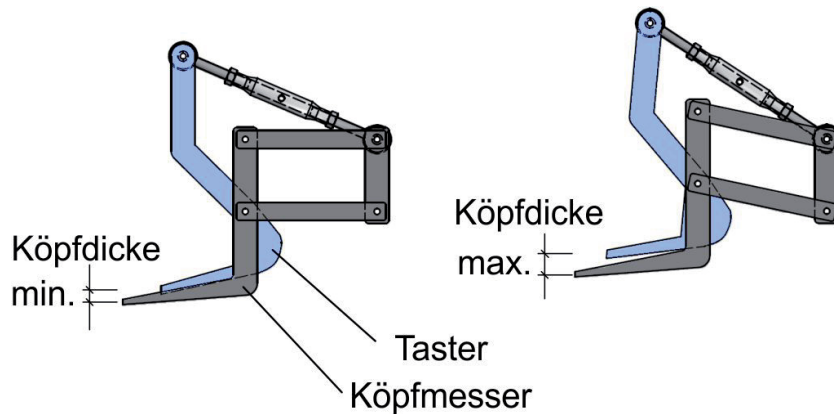
**Table 1:** Mass of beet top for beets from 200 to 1800 g and topping thickness of 1 to 4 cm.

Gewichtsklasse	Ø g	Anteil der Rüben in Gewichtsklasse %	Scheibe-0-1 cm	Scheibe-0-2 cm	Scheibe-0-3 cm	Scheibe-0-4 cm
>1500	1786,0	9,8	0,5	2,0	4,8	9,1
1200-1500	1330,6	12,0	0,7	2,8	6,7	12,6
900-1200	1049,3	22,67	0,7	3,1	7,5	14,5
600-900	752,9	22,83	0,9	3,7	9,2	17,9
300-600	457,5	20,0	1,3	5,8	14,2	22,2
<300	207,6	11,67	2,4	10,7	22,3	23,1

Eine Umfrage bei den deutschen Herstellern hat ergeben, dass 2011 ca. 290 000 ha mit dem herkömmlichen Köpfverfahren, 60 000 ha mit dem Minimal-Köpf-Verfahren der Firma Ropa und 19 000 ha mit dem Entblätterer der Firma Grimme geerntet wurden [5]. Das Minimal-Köpf-Verfahren wird unter der Bezeichnung Micro-Topping von der Firma Ropa vermarktet. Es basiert darauf, dass eine ca. 5 cm hohe Blattbürste beim Abschlegeln des Blattes stehen bleibt. Der nachfolgende Köpfer hat eine Köpfdickenverstellung von ca. 1 cm (**Bild 2**). Bei großen Rüben, die nun nicht mehr durch den Schlegler vorgeköpft werden, wird ein



entsprechend tieferer Köpfschnitt durchgeführt, bei kleineren Rüben wird die Schnittstärke zurückgenommen [6].



**Bild 2:** Köpfeinrichtung für das Minimal-Köpfen  
**Figure 2:** Topping device for Minimum-Topping

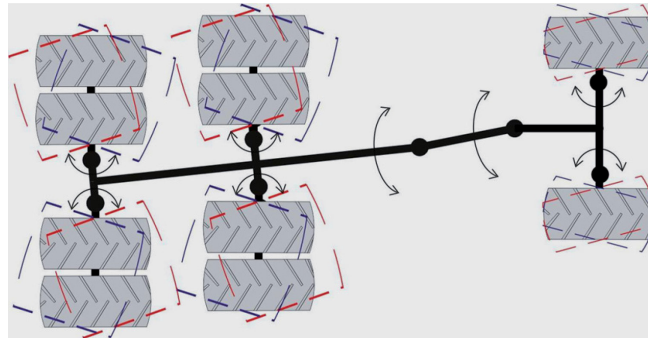
#### *Rodeaggregate und Roder*

Für den osteuropäischen Markt werden neunreihige Rodesysteme angeboten. Die Firma Grimme hat einen gezogenen Roderlader (Rootser) im Programm, die Firmen Ropa und Holmer statten ihre Standardmaschinen mit neunreihigen Rodevorsätzen aus [7]. Für den schnellen An- und Abbau wird ein Schnellkuppelsystem angeboten, das die elektrischen und hydraulischen Verbindungen automatisch, d.h. vom Fahrersitz aus herstellt. Der holländische Hersteller Agrifac hat sogar einen zwölfreihigen Rodevorsatz im Programm verbunden mit einer Bunkerkapazität von bis zu 32 t.

Die Firma Grimme rüstet ihren mit Gummibandlaufwerk ausgestatteten Roder Maxtron so aus, dass das linke Raupenlaufwerk zur Stabilisierung am Hang bis zu 40 cm seitlich ausgefahren werden kann.

Bei dem Maxtron wird eine Bunkerverwiegung angeboten und erfüllt damit die Voraussetzung für ein Daten- und Logistikmanagement, insbesondere einer mengengerechten Abfuhrlogistik.

Eine neue Baureihe (Beetliner) von KRB 6 SF stellt die Firma Kleine vor, beginnend mit einem Zweiachser und einem 18 m<sup>3</sup> Bunker (Compact) bis zu einem Dreiachser mit 40 m<sup>3</sup> Bunkerkapazität. Besonderheit der Typen Max und Large ist ein Fahrwerk mit Zentralrohrrahmen und zwei Knickgelenken. Für das spurversetzte Fahren können die einzelnen Räder durch Achsschenkelenkung zwar eingeschlagen werden, der Einschlag reicht aber wegen der Zwillingsreifen auf den beiden Hinterachsen nicht aus, um die Geradeausfahrt zu erreichen (**Bild 3**). Mit dem zweiten Knickgelenk wird der Hinterwagen, auf dem der wesentliche Teil des Bunkergewichts liegt, wieder in Fahrrichtung ausgerichtet.



**Bild 3:** Fahrwerk Kleine Beetliner Large mit dreiachsigem Fahrwerk und zwei Knickgelenken sowie Achsschenkellenkungen an allen Rädern.

**Figure 3:** Chassis of Kleine Beetliner (Large) with three axles and two frame joints as well as wheel steering on all axles.

#### *Lader*

Die Firma Kleine rüstet ihren Reinigungslader RVL 350 mit einem 10 m V-förmigen Aufnahmetisch aus, der auch mit einer seitlich angebrachten Seitenschnecke als Mietenteiler ausgerüstet werden kann [8 bis 9]. Der Reinigungslader kann Mieten mit größerer Breite aufnehmen, wie diese in Frankreich an zentralen Lagerplätzen angelegt werden. Die schwenkbare Antriebseinheit bildet das Gegengewicht zu dem 15 m langen Überladeband. Von der Firma Holmer wird ein Reinigungslader, der aus der Baureihe Gebo SRL des Bottmersdorfer Gerätebaus stammt, angeboten. Die Reinigungsleistung der Band-/Walzeneinheit wird automatisch auf Unterschiede im Erdanhang angepasst [7]. Zur Kontrolle des Überladegewichts werden Wiegezellen im Überladeband verbaut. Der Reinigungslader der Firma Ropa wird nun mit einer 10 m breiten Aufnahme angeboten und einem schenkbaren Ausleger ausgestattet, der die Standsicherheit des Fahrzeuges bei ausgefahrenem Überladeband sicherstellt. Zum Angebot gehört jetzt auch eine liftbare Kabine, die dem Fahrer die Beobachtung des Ladezustandes des Transportfahrzeuges erleichtert.



**Bild 4:** Reinigungslader mit Aufnahmetisch für 10 m breite Mieten und liftbarer Kabine, Firma Kleine

**Figure 4:** Cleaner loader with 10 m pickup and liftable cabin

## **Zusammenfassung**

Der Rübenanbau hat sich an den Gunststandorten aufgrund der hohen Zuckerpreise am Weltmarkt stabilisiert. Die Hersteller von Erntetechnik konnten deshalb über einen hohen Absatz auch Neuerungen in den Markt bringen. Dazu zählen insbesondere die veränderte Technik zur Entfernung des Blattes, die als Minimal-Köpfe bezeichnet werden kann und auch die Entblattung ohne Köpfschnitt. Der Hersteller Kleine hat eine neue Baureihe von KRB 6 SF in zwei- und dreiachsiger Ausführung vorgestellt. Mehrere Hersteller bieten Möglichkeiten der Verwiegung der geernteten Rüben an. In einem Falle wird der gesamte Bunker gewogen, im anderen Fall wird der Durchsatz ermittelt, indem der Rübenelevator auf Kraftmessdosen gestellt wird.

## **Literatur**

- [ 1] Wirtschaftliche Vereinigung Zucker: Jahresbericht 2011.
- [ 2] Schmittmann, O.: Rüben köpfen oder entblatten. Landwirtschaftliches Wochenblatt 48 (2011) S. 21-24.
- [ 3] Wollenweber, D.; Töppe, D. und Schäfer, C.: Ertrag und Qualität von geköpften und entblätterten Zuckerrüben. Zuckerrübe: 1/59 (2010) S. 25.
- [ 4] Hoffmann, C. und Wulkow, A.: Entblätterte und geköpfte Rüben im Praxisvergleich. Zuckerrübe: 3/60 (2011) S. 37-39.
- [ 5] Ziegler, K.: Wohin geht der Trend. dzz 3 (2011) S. 17.
- [ 6] Ziegler, K.: Weltweiter Marktplatz der Landtechnik-Branche. dzz 5 (2011) S. 10.
- [ 7] Ziegler, K.: Messe und mehr, Agritechnica 2011. dzz 6 (2011) S.16-17.
- [ 8] Merz, E.: Neuer Ladegeräte-Standard. dzz 1 (2011) S. 19.
- [ 9] Schulze Lammers, P.: Harvest and loading machines for sugar beet -new trends. International Sugar Journal, 113/1348 (2011), S. 253-256.

## **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

### **Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 27.09.2012

### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Schulze Lammers, Peter: Zuckerrübentechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-7

### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043458>

### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/57.html>

## **Technik für hochintensive Pflanzenproduktion im Gartenbau**

Thomas Rath,  
Fachgebiet Biosystem- und Gartenbautechnik, Leibniz Universität Hannover

### **Kurzfassung**

Gartenbauliche Produktion ist gekennzeichnet durch den Einsatz von Gewächshäusern und Automatisierungstechnologien. Im Verbundprojekt ZINEG (Zukunftsinitiative Niedrig-Energiegewächshaus) konnten Gewächshauskonzeptionen entwickelt werden, die über 80 % Energieeinsparung im Vergleich zu konventionellen Gewächshausanlagen erzielten. Aktuelle wird der Einfluss der erhöhten Luftfeuchtigkeit auf die Pflanzenqualität getestet. Zur Integration von Automatisierungstechniken in hochintensive Pflanzenproduktionsprozesse wurden Arbeiten durchgeführt, die eine automatische bildanalytische Auswertung komplexer Pflanzensituation erlauben. Mit Hilfe sogenannter Active-Shape-Modelle und dem Einsatz von Überlappungsalgorithmen konnte das bisher ungelöste Problem der Automatisierung bei überlappenden Objekten deutlich reduziert werden. Ein erster Analyse-Prototype im Bereich der Unkrautbekämpfung mit Lasertechnologie im Gewächshaus wurde entwickelt.

### **Schlüsselwörter**

Gewächshaustechnik, Bildverarbeitungstechnik

## **Engineering and Technologies for Horticultural Plant Production**

Thomas Rath,  
Biosystems- und Horticultural Engineering Section, Leibniz Universität Hannover

### **Abstract**

Intensive horticultural production is characterized by the use of greenhouses and automation technologies. In the project ZINEG (Low-Energy-Greenhouse for the Future) greenhouse concepts were developed that achieve over 80 % energy saving compared to conventional greenhouses. The extent of the increasing influence of humidity on the plant quality is currently being tested. For further development and integration of automation techniques in highly intensive plant production processes, work was carried out to allow automatic image analysis of complex plant situations. Using so-called Active Shape Models and the use of new developed overlapping algorithms the previously unsolved problem of automation in overlapping situations can be significantly reduced. A first prototype of an analysis machine in the field of weed control with laser technology in the greenhouse was developed.

### **Keywords**

Greenhouse technology, image processing

### Entwicklung von energiesparenden Gewächshauskonzeptionen

Nach wie vor sind die Arbeiten im Bereich der Gewächshaustechnik stark geprägt von den Anforderungen, Pflanzen auch unter mitteleuropäischen Bedingungen im Winter ressourcenschonend produzieren zu können. Mehrere Forschungsstandorte haben sich daher unter dem Titel ZINEG (Zukunftsinitiative Niedrigenergie-Gewächshaus) zusammengeschlossen, um grundlegende und anwendungsorientierte Fragestellungen zu bearbeiten. Es wurden neue Systeme (Gewächshauskonstruktionen, Gewächshausbedachungsmaterialien oder Wärmeversorgungskonzepte) untersucht. Während am Standort Berlin (Humboldt-Universität) besonderer Wert auf die Ausnutzung der latenten Wärmeströme durch Wärmerückgewinnung und Klimasteuerung gelegt wird, wird in Schifferstadt (Forschungsgewächshäuser der TU München) besonders auf die Energieeinsparung durch neue Foliensysteme und Energieschirmmaterialien fokussiert. In Hannover (Leibniz Universität und LWK H-Ahlem) steht die Bearbeitung hochisolierter Gewächshausssysteme mit Wärmespeicherkonzepten im Vordergrund. Beispielhaft werden nachfolgend Ergebnisse aus aktuellen Messungen in Bild 1 wiedergegeben. Die Messungen erfolgten mit drei Energieschirmen (maximale Wärmedämmung), mit zwei Energieschirmen (ohne Verdunklung), mit einem Tagesenergieschirm und/oder ohne Energieschirmeinsatz (nur Isolierverglasung).

Maßnahme zur Wärmedämmung	gemessen	Einsparung	Einsparung
	Ucs-Wert	Einfachglas Ucs = 7,6	Einfachglas + Energieschirm Ucs = 4,6
	W m <sup>-2</sup> K <sup>-1</sup>	%	%
Isolierglas	4,0	48	14
Isolierglas + Tagesschirm	3,0	62	38
Isolierglas + zwei Schirme	2,1	72	54
Isolierglas + drei Schirme	1,2	84	74

**Bild 1:** Energieeinsparung nachts bezogen auf ein einfachverglastes Gewächshaus (EG) und auf ein Gewächshaus mit Energieschirm (EG + Schirm) (Quelle: Tantau, BGT)

**Figure 1:** Energy consumption of new greenhouse systems comparing to a single covered greenhouses (Source: Tantau, BGT)



Zur Ermittlung des Wärmeverbrauchskoeffizienten (U-Wert) wurden die Messwerte in der Zeit von 22 bis 5 Uhr ausgewertet. Mit den Mittelwerten der Nachtmessungen konnten Energieeinsparungen im Vergleich zu einem Gewächshaus mit Einfachverglasung von über 80 % ermittelt werden (s. Bild 1). Weitere Informationen finden sich unter den Literaturstellen [1], [2], [3] und [4] sowie unter [www.zineg.de](http://www.zineg.de).

### **Biorobotische Entwicklungen für die hochintensive Pflanzenproduktion**

Gartenbauliche Produktion ist in den meisten Fällen neben der Energieintensität auch durch den hohen Einsatz von Arbeitskräften gekennzeichnet. Der Einsatz von Automaten bzw. robotischen Systemen scheint unerlässlich und zwingend erforderlich, wenn ortsnahe und ökologisch sinnvolle Produktion in Deutschland aufrechterhalten werden soll. Jedoch stoßen biorobotische Applikationen an ihre Grenzen, wenn Szenarien komplex oder schwer zu interpretieren sind. Besondere Probleme treten auf, wenn Pflanzen, Pflanzenteile oder Produkte überlappend und/oder schwer erkennbar vorliegen. Algorithmen, die die Automaten autonom steuern sollen, versagen in diesen Fällen häufig komplett. Daher wurde in den letzten Jahren innerhalb der gartenbautechnischen Forschung diesem Problem verstärkt Rechnung getragen. Neu entwickelte Ansätze versuchen, Pflanzenszenarien anhand von einfachen Mustern zu strukturieren und zu analysieren und aus den so gewonnenen Erkenntnissen Informationen zur Steuerung der Roboter abzuleiten. Als gut geeignete Grundmuster/objekte haben sich Ellipsen und Ellipsoide herausgestellt, da mit ihnen weite Bereiche von landwirtschaftlichen und gartenbaulichen Produkten und Objekten dargestellt werden können. Als Auswerteverfahren zeigten sich Active-Shape-Modelle (ASM) anderen Verfahren überlegen. Zusammenfassend ergeben sich folgende Verfahrensabläufe:

1. Erfassung der Situation mit Kamerasystemen
2. Auflösung der Bilder durch Ellipsendetektionen (auch unvollständige und überlappende Ellipsen)
3. Interpretation der Ellipsen durch ASM-Algorithmen (Zusammensetzung von Gesamtobjekten – z.B. Pflanzen – durch einzelne Ellipsen)
4. Analyse der gefundenen Gesamtobjekte zur Berechnung von Ansteuerpunkten von Robotern bzw. Automaten
5. Ansteuerung der Roboter bzw. Automaten

Dieses Verfahren wurde in mehreren Arbeiten getestet und führte letztendlich zu intelligenten Systemen, die Pflanzen auch in schwierigen Situationen detektieren können [5]. Werden diese Algorithmen z.B. im Bereich der mechanischen Unkrautbekämpfung mit Modellen gekoppelt, die berechnen, wie viel Energie notwendig ist, um Pflanzen mit Laserlicht zu zerstören [6], können neue Konzepte zur autonomen und spezifischen Unkrautbekämpfung entwickelt werden. Ein erster Prototyp zum Einsatz im Gewächshaus wurde bereits entwickelt [7].

## **Literatur**

- [1] Schuch, I., D. Dannehl, T. Rocks, R. Salazar Moreno, A. Rojano Aguilar und U. Schmidt 2011: Das geschlossene Solarkollektorgewächshaus - Anlagenkonzept und energetische Untersuchungen zum Wärmeenergiegewinn im Sommer 2010; DGG-Proceedings Vol. 1, No. 10, 1-5. DOI: 10.5288/dgg-pr-01-10-is-2011.
- [2] Dannehl, D., I. Schuch, T. Rocks, S. Huyskens-Keil, A. Rojano Aguilar und U. Schmidt 2011: Anlaufphase ZINEG - Auswirkungen von einem geschlossenen Gewächshaus auf das Pflanzenwachstum und die Fruchtqualität von Tomaten; DGG-Proceedings, Vol. 1, No. 9, 1-5. DOI: 10.5288/dgg-pr-01-09-dd-2011.
- [3] Tantau, H.-J. (2012): Das Niedrigenergiegewächshaus – Methode zur Analyse der Wärmeströme und der PAR-Durchlässigkeit. Low Energy Greenhouse – Method to Analyse Heat Flux and PAR-Transmittance. Landtechnik 67, 3.2012, 196 – 204.
- [4] Meyer, J. 2011: ZINEG Schifferstadt - Vorstellung erster Ergebnisse; Tagungsband GKL-Frühjahrstagung 2011. [www.gkl-online.de](http://www.gkl-online.de)
- [5] Rath T., Pastrana J. (2012): Human vs Computer: Image processing to detect overlapping plants. Agricultural engineering (Landtechnik), 67, 3, 172-178
- [6] Marx C., Barcikowski S., Hustedt M., Haferkamp H., Rath T. (2012): Design and application of a weed damage model for laser-based weed control. Biosystems Engineering DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2012.07.002
- [7] Marx C., Pastrana J., Hustedt M., Haferkamp H., Rath T. (2012): Selective weed control by means of image analysis and laser application. Proceedings: Automation Technology for Off-Road Equipment, pp. 61-66, ISBN 84-615-9654-4

## **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Rath, Thomas: Technik für hochintensive Pflanzenproduktion im Gartenbau. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-4

### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043462>

### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/83.html>

## **Nachernteverfahren für Sonderkulturen**

Martin Geyer,  
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim

### **Kurzfassung**

Die Nacherntetechnik für gartenbauliche Produkte hat sich in den letzten Jahren deutlich weiterentwickelt. Fortschritte wurden insbesondere in der zerstörungsfreien Detektion von Qualitätsparametern von Obst und Gemüse erzielt, wobei Akzeptanz und Einsatz der Sensoren in der Praxis nur sehr langsam zunehmen. Entsprechend gab es Neuerungen in der Verpackungstechnologie und in der Verwendung von QR-Codes. Durch Einsatz des die Reife verzögernden 1-MCP ist es möglich, Obst mit demselben Resultat bei höherer Temperatur und damit geringerem Energieaufwand zu lagern. Wichtige Denkanstöße bieten die Studien zu Verlusten von Lebensmitteln in der Wertschöpfungskette. Erst wenn die Bedeutung von Lebensmitteln in der Gesellschaft steigt, ist eine Abfallverringerung zu erwarten.

### **Schlüsselwörter**

Obst, Gemüse, Verpackung, Abfall, Verlust, Sensoren, 1-MCP, Energie

## **Post-Harvest Techniques for Special Crops**

Martin Geyer,  
Leibniz Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim

### **Abstract**

Over the last years, post-harvest technology for horticultural crops has considerably progressed, especially in packaging and in the application of information technology for control processes. Despite the significant progress in the development of non-invasive techniques for quality assessment of fruits and vegetables, the pace for adoption of these technologies by the industry has been slow [6]. The use of 1-MCP can help to reduce CO<sub>2</sub> output and to save energy costs without worsening the fruit quality. Current studies on losses of food occurring along the entire food chain make assessment of their magnitude. The studies identified the cause of these food losses and provided possible solutions to prevent them.

### **Keywords**

fruit, vegetable, packaging, waste, losses, sensors, 1-MCP, energy

## **Einführung**

Im Zeitraum 2010 bis 2012 fanden mehrere internationale Tagungen statt, die sich intensiv der Ernte [1] und der Nacherntetechnik von Obst und Gemüse widmeten [2 bis 4].

In Lake Alfred [1] wurden die aktuellen Erntetechnologien für Obst sowohl für die Industrie als auch für den Frischmarkt diskutiert. Insbesondere wurde die Frage gestellt, warum nach 60 Jahren Forschung und Entwicklung immer noch viele Obstkulturen für den Frischmarkt von Hand geerntet werden.

Dabei ist die Handerte von Obst zeitaufwändig und kostenintensiv. Ein neues für Apfel und Orangen entwickeltes Verfahren von Oxbo International Corporation (USA; <http://www.oxbocorp.com>) transportiert die Früchte entsprechend eines Staubsaugers mit Unterdruck vom Pflücker zur Großkiste [5]. Die Saugschläuche bestehen entweder aus weichem Kunststoff oder sind im Inneren mit Kunststoffblenden ausgestattet, um die mechanischen Belastungen auf die Früchte zu minimieren. Das Ende des Schlauches hängt am Gürtel der Arbeitskraft und ist damit immer frei und ohne Körperdrehung zugänglich (**Bild 1**). Zusätzlich wird eine mobile optische Sortiereinheit angeboten, welche die Früchte sofort in Lagerware, Frischmarktware und Verarbeitungsware trennt. Mit dem Verfahren sollen deutlich höhere Pflückleistungen zu erzielen sein.



**Bild 1:** Neu entwickelte Erntehilfe von Oxbo International [1].

**Figure 1:** New harvesting aid developed by Oxbo International [1].

## **Zerstörungsfreie Sensoren zur Qualitätsanalyse**

Der Einsatz nicht invasiver Sensoren zum Bestimmen von Qualitätskriterien und zur Inspektion von Obst und Gemüse hat weitere Fortschritte gemacht. [6] beschreiben den aktuellen Stand bei Computer-Bildverarbeitung, Spektroskopie, Gamma-Strahlung, magnetischer Resonanz, mechanischem Kontakt, chemischem Messen, drahtlosen Netzwerken und Radio-Frequenz-Identifizierung. Sie kommen zu dem Schluss, dass Akzeptanz und Einsatz der Sensoren in der Praxis nur sehr langsam zunehmen. Erst wenn die Verbraucher bereit sind, höhere Preise für Premium Qualität auszugeben, beispielsweise für extra-süße Früchte, werden Vermarktungsorganisationen solche Sensoren in ihre Sortierlinien integrieren und ihre Standards ändern. Bisher basieren diese überwiegend auf dem äußerlichen Erscheinungsbild.

Die Verwendung von Hyperspektral-Bildverarbeitungssystemen zur Detektion der räumlichen Verteilung von Qualitätsparametern in den Proben hat bei sinkenden Kosten der Anlagen in den letzten Jahren deutlich zugenommen, wie sich an der Vielzahl von Beiträgen zu diesem Thema in Valencia [3] zeigte [7 bis 14].

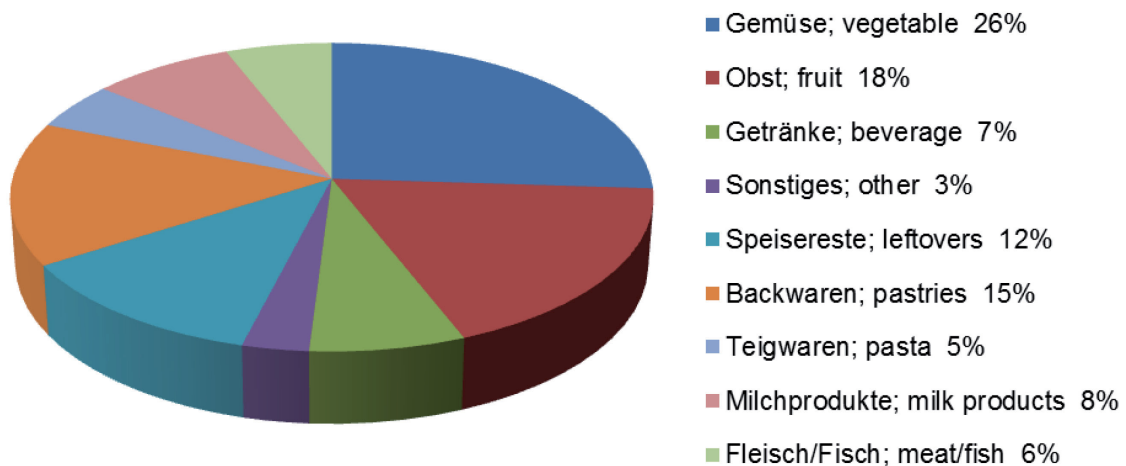
Um jedoch einen breiteren Einsatz dieser Technik zukünftig zu gewährleisten, ist es notwendig Algorithmen zu entwickeln, um die Datenmenge zu reduzieren und die relevanten Merkmale mit weniger Wellenbanden zu identifizieren [6]. Es ist zu erwarten, dass mit weiter zunehmender Geschwindigkeit der Datenverarbeitung auch Hyperspektral-Bildanalyse Technik zukünftig zur online Sortierung von Obst und Gemüse einsetzbar sein wird.

Ein noch relativ wenig untersuchtes Verfahren ist das Nutzen von „Biospeckles“. Beleuchtet ein kohärenter Laser eine raue Oberfläche, bildet das gestreute Licht beidseitig Interferenzen und es zeigen sich zufällig verteilte, helle und dunkle Punkte unterschiedlicher Größe. Dies nennt man ‚speckle pattern‘ (Flecken-Muster). Trifft der Laser auf die Oberfläche von biologischem Material, kann er mehrere Gewebeschichten durchdringen. Sind einzelne Teilchen im biologischen Material in Bewegung, führen die Punkte ebenfalls Bewegungen aus. Dieses Phänomen heißt ‚biospeckle‘. Die Bewegung der Punkte kann als Indikator für biologisches Material genutzt werden. Bei Früchten rührt die Bewegung von Strömungen im Zytoplasma und der Brownschen Bewegung [15]. Bei verschiedenen Apfelsorten zeigte sich eine lineare negative Korrelation zwischen Biospeckle Aktivität und Chlorophyllgehalt [16]. Dagegen steigert die Zunahme von Stärke die Biospeckle Aktivität. Es ist zu erwarten, dass mit diesem Verfahren weitere Eigenschaften von Obst und Gemüse zu bestimmen sind.

### **Vermeiden von Verlusten**

Eine aktuelle vom BMELV in Auftrag gegebene Studie der Universität Stuttgart kommt zu dem Schluss, dass eine Gesamtmenge von knapp 11 Millionen Tonnen Lebensmittel in Deutschland jedes Jahr von Industrie, Handel, Großverbrauchern und Privathaushalten entsorgt werden [17]. Die Verfasser unterscheiden dabei vermeidbare, teilweise vermeidbare und nicht vermeidbare Lebensmittelabfälle. Der größte Teil der Abfälle, 61 % bzw. 6,67 Mio. Tonnen je Jahr, entstehen in den Haushalten, je 17 % bei Großverbrauchern und Industrie und nur 5 % beim Handel.

Im Durchschnitt wirft jeder Bundesbürger pro Jahr 81,6 Kilo Lebensmittel weg. Den Hauptanteil der vermeidbaren und teilweise vermeidbaren Lebensmittelabfälle machen Gemüse (26 Prozent) und Obst (18 Prozent) aus (**Bild 2**). Eine Reduktion der Lebensmittelabfälle schont nicht nur den Geldbeutel der Verbraucher, sondern auch die Umwelt.



**Bild 2:** Vermeidbare und teilweise vermeidbare Lebensmittelabfälle vom Verbraucher [17].

**Figure 2:** Avoidable and partly unavoidable consumer food losses [17].

Nach [18] verderben in Industrieländern deutlich mehr Lebensmittel als in Entwicklungsländern. Die Verfasser schätzen, dass in Europa und Nord-Amerika zwischen 95 und 115 kg Lebensmittelabfälle pro Kopf und Jahr anfallen, dagegen verderben in den ärmsten Teilen Afrikas und in Süd/Südost Asien nur 6 bis 11 kg Lebensmittel pro Kopf und Jahr. Die Gründe für die Verluste in Staaten mit geringem Einkommen liegen weitgehend an Begrenzungen in der Erntetechnik, den Lagermöglichkeiten, der Infrastruktur, den Pack- und Vermarktungssystemen. Eine Verringerung der Verluste in diesen Ländern könnte eine schnelle und signifikante Steigerung der Lebensqualität bewirken. Besorgniserregend sind jedoch die hohen Abfallmengen der Wegwerfgesellschaften in Europa und USA (**Tafel 1**). Das Bewusstsein der Menschen für den Wert von Lebensmitteln insbesondere von Obst und Gemüse müsste deshalb unbedingt verbessert werden.



**Tafel 1:** Menge an Obst und Gemüse Abfällen (in Masse %) in den verschiedenen Stufen der Wertschöpfungskette in verschiedenen Regionen der Welt [18].

**Table 1:** Weight percentages of fruit and vegetable losses in the food chain in different regions of the world [18].

<b>Obst und Gemüse</b>	Landw.	Nachernte	Aufbereiten	Verteilung:	Verbraucher	Gesamt
	Produktion	Handling	und	Handel		Verlust
		und Lager	Verpacken	POS		
<b>Fruit and Vegetables</b>	<i>Agricultural</i>	<i>Postharvest</i>	<i>Processing</i>	<i>Distribution:</i>	<i>Consumption</i>	<i>Total</i>
	<i>production</i>	<i>handling</i>	<i>and</i>	<i>Supermarket</i>		<i>loss</i>
		<i>and storage</i>	<i>packaging</i>	<i>Retail</i>		
	%					
Europa inkl. Russland	20	5	2	10	19	56
<i>Europe incl. Russia</i>						
Nord Amerika & Ozeanien	20	4	2	12	28	66
<i>North America &amp; Oceania</i>						
Industrialisiertes Asien	10	8	2	8	15	43
<i>Industrialized Asia</i>						
Sub-Sahara Afrika	10	9	25	17	5	66
<i>Sub-Saharan Africa</i>						
Nord Afrika/West & Zentral Asien	17	10	20	15	12	74
<i>North Africa/West &amp; Central Asia</i>						
Süd & Südwest Asien	15	9	25	10	7	66
<i>South &amp; Southeast Asia</i>						
Latein Amerika	20	10	20	12	10	72
<i>Latin America</i>						

Für England werden die Verluste und Abfallmengen in der Wertschöpfungskette von Obst und Gemüse, bevor diese den Verbraucher erreichen, auf weniger als 10 % geschätzt [19], wobei sie bei einzelnen Produkten bis 25 % betragen können.

## Hygienisieren

Beerenobst, insbesondere Erdbeeren und Himbeeren, sind nur für kurze Zeit lagerfähig. Meistens beginnen sie bereits nach wenigen Tagen zu faulen und sind nicht mehr vermarktungsfähig. Es hat sich gezeigt, dass der Einsatz von gasförmigem Eis-essig nach der Ernte zur Bekämpfung von Mikroorganismen auf Erdbeeren erfolgreich ist und Schimmelwachstum unterdrückt wird. Leider bleibt jedoch nach der Behandlung ein unangenehmer Essiggeruch auf den Früchten zurück, welcher den Einsatz von Eisessig zum Hygienisieren ausschließt [20]. Eine Verwendung zur Bekämpfung von überwinterten Apfelwicklerlarven auf Obstlagerkisten scheint dagegen erfolgreich zu sein [21]. Zu berücksichtigen ist jedoch die hohe Korrosivität von Eisessig.

Auf der FruitLogistica 2012 wurde ein entsprechendes Verfahren des englischen Herstellers biofresh (<http://www.biofresh.com>) vorgestellt, welcher gasförmiges Ozon sowohl in geringer Konzentration zur Dauerbehandlung von lagerndem Obst als auch in hoher Konzentration zur kurzfristigen Desinfektion von Lagerräumen und Großkisten verwendet. Das Ozon wird vor Ort hergestellt. Eine Überwachungseinheit sorgt dafür, dass für die Produkte und den Menschen kritische Grenzen nicht überschritten werden.

### **Energieeinsparung beim Lagern**

Für die Lagerung von Äpfeln in CA-Lagern (Controlled Atmosphere) wird zunehmend 1-Methylcyclopropen (1-MCP; Smart Fresh<sup>TM</sup>) eingesetzt. Dieser in der Gasphase zu applizierende Stoff bewirkt, dass die Früchte über einen längeren Zeitraum fest und knackig bleiben und zwar sowohl im Lager als auch während der anschließenden Vermarktung bzw. beim Verbraucher [22]. Diese Vorteile bieten zudem auch die Möglichkeit bei höherer Temperatur zu lagern, um damit Energie und Kosten bei der Apfellagerung zu senken und die Umwelt zu schonen (carbon footprint). [23] lagerten Äpfel der Sorte Gala statt bei 1,5 °C bei 4 °C. Durch den geringeren Kältebedarf und die geringeren CO<sub>2</sub>-Absorber Laufzeiten konnte eine Energieeinsparung von 35 % erzielt werden. Nach einer Nachlagerung bei Zimmertemperatur war kein Unterschied zwischen den behandelten, warm gelagerten und den unbehandelten Früchten feststellbar. Die MCP-behandelten Früchte wurden von einem untrainierten Panel sogar geschmacklich bevorzugt. Ähnlich gute Ergebnisse erzielte [24], welcher die Kältemaschine bei 1-MCP behandelten Früchten nur nachts laufen ließ. Es konnten damit sowohl die Emissionen um 29 bis 55 % als auch die Gesamtkosten reduziert werden. Die Qualität der Früchte war vergleichbar, obwohl die Abkühlzeit deutlich länger war.

### **Transport in Reefer Container**

Der Transport von konventionell verladenen Südfrüchten nimmt weiter ab [25]. Gleichzeitig nimmt der Transport in gekühlten Containern zu. Die Container werden dicht mit in Kartons oder Steigen verpackten und palettierten Früchten beladen. Im Unterschied zu Lagerräumen, wo die kalte Luft seitlich oben einströmt, eine Kaltluftwalze ausbildet und die Produkte horizontal durchströmt, durchströmt die Kaltluft LKW-Kühlaufleger und Kühlcontainer in vertikaler Richtung. Bei LKW-Kühlauflegern wird die Kaltluft oben eingeblasen und strömt nach unten und in Kühlcontainern wird die Luft unten eingeblasen und strömt nach oben. Da die Paletten sehr eng stehen und die Kartons oder Steigen unten geschlossen sind, ist die Gleichmäßigkeit der Kaltluftverteilung eingeschränkt und die Temperaturverteilung ungleichmäßig. Schlimmsten Falls kommt es zu sogenannten ‚hot spots‘ und Ware verdirbt. [26] stellte ein patentiertes Verfahren vor, bei dem die Kaltluft horizontal mit dem an der Frontseite sitzenden Ventilator in den Container eingeblasen und am hinteren oberen Ende wieder abgesaugt wird. Hierdurch soll eine deutlich bessere Luftverteilung erzielt werden, solange zwischen den Kartons oder Steigen ausreichend große Abstände vorliegen, damit die kalte Luft mit wenig Widerstand horizontal strömen kann. Für Verpackungen, die vollständig mit Folie ausgelegt sind, beispielsweise Bananen in Kartons, werden mit diesem Verfahren keine Vorteile erzielt. Der Umbau eines herkömmlichen Kühlcontainers sollte in relativ kurzer Zeit kostengünstig zu bewerkstelligen sein.

### **Neue Entwicklungen**

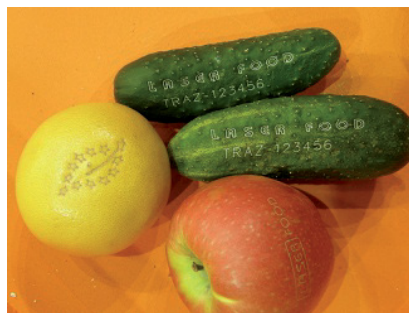
Eine perfekte Verpackung sorgt für optimale Haltbarkeit, Logistik und eine ansprechende Präsentation von Obst und Gemüseprodukten [27]. Hierzu wurde auf der FruitLogistica 2011 eine Vielzahl neuer oder weiterentwickelter Verpackungsformen präsentiert. Neben

Weiterentwicklungen bei MAP-Folien wurden insbesondere viele Entwicklungen bei Transportverpackungen vorgestellt.

Beispielsweise ist das Aufstellen bzw. Zusammenlegen von Kunststoffklappkisten sehr zeitaufwändig. Die aktuelle Generation der Klappkisten von Bekuplast ([www.bekuplast.com](http://www.bekuplast.com)) besitzt ein ergonomisches Verschlusssystem. Die neu entwickelte Verriegelung mit patentiertem Verschluss erlaubt ein extrem schnelles Handling bei gleichzeitig hoher Schließsicherheit und Stapelbarkeit.

Folienverpackungen sind üblicherweise nicht wieder verschließbar. Fuji-Packaging, Hamburg ([www.fuji-packaging.de](http://www.fuji-packaging.de)) stellt ein Verfahren vor, bei dem Schlauchbeutelfolien mit einem speziellen Verfahren auf der Oberseite „voreritzt“ werden und somit leicht aufzureißen sind. Die Folie ist mit Hilfe eines Klebestreifens wieder leicht zu verschließen, was ein großer Vorteil für die Verbraucher sein soll.

Das direkte Beschreiben von Produkten mit Hilfe von Lasern wurde von der Fa. LaserFood (<http://www.laserfood.es>) auf der FruitLogistica 2012 vorgestellt. Die Idee ist, mit Hilfe eines Lasers ein Label direkt auf die Oberfläche von Obst und Gemüse aufzubringen (**Bild 3**). Ein vergleichbares Verfahren präsentiert auch das Laserzentrum Lindau auf seiner Homepage ([www.laser-apfel.de](http://www.laser-apfel.de)).



**Bild 3:** Mit Laser beschriftetes Obst und Gemüse (Foto: Geyer).

**Figure 3:** Laser-labeled fruits and vegetables.

### IT im Gartenbau

Der mobile IT-Einsatz im Gartenbau ist nicht mehr wegzudenken. Ob Handy bzw. Smartphone in seinen unterschiedlichen Bautypen oder Tablet PCs in Kombination mit GPS finden alle zunehmend Verwendung. Beispielsweise QR-Codes (zweidimensionale Codes, welche die Informationen in Form von weißen und schwarzen Punkten enthalten) können von Smart-Phones gelesen bzw. fotografiert werden und bieten schon bei vielen Produkten (Lebensmittelverpackungen, Pflanzenetiketten, Broschüren, Flyer) direkte Informationen (**Bild 4**). Der mit Hilfe eines APPs hinterlegte Link führt den Smartphonennutzer direkt auf eine produktbezogene Internetseite, auf der zusätzliche Informationen über das Produkt abgerufen werden können [28].



**Bild 4:** Mit dem Smartphone lesbarer QR-Code [28].

**Figure 4:** Smartphone-readable QR-code [28].

### **Zusammenfassung**

Im Berichtszeitraum fanden mehrere Tagungen statt, die sich mit Nacherntetechnik befassten. Ein Schwerpunkt lag bei zerstörungsfreier Zustandsbestimmung von Obst und Gemüse, insbesondere mit Hilfe Hyperspektral-Bildverarbeitung. Wichtige Entwicklungen für die Zukunft sind, insbesondere nach der EHEC-Krise, in den Bereichen Produktsicherheit durch verbesserte Hygienisierung, Verlustminderung, Verpackungstechnologie und Einsatz von Informationstechnologien zu erwarten.

## **Literatur**

- [ 1] International Symposium on Mechanical Harvesting & Handling Systems of Fruits and Nuts. April 2 – 4, 2012. Citrus Research and Education Center University of Florida / IFAS. Lake Alfred, FL (USA) <http://www.crec.ifas.ufl.edu/harvest/2012>.
- [ 2] International Horticultural Congress, 22-27 August 2010, Lissabon, 2010.
- [ 3] CIGR-AGENG 2012, July 8-12, 2012. Valencia, Spain. (<http://cigr.ageng2012.org/>) 2012.
- [ 4] 7th International Postharvest Symposium 2012. 25-29 June 2012, Kuala Lumpur, Malaysia, 2012.
- [ 5] Ehsani, R. and Udumala, S.: Mechanical Harvesting of Citrus - An overview. Resource May/June 2010, p. 4-6.
- [ 6] Ruiz-Altisent, M., Ruiz-Garcia, L., Moreda, G. P., Lu, R., Hernandez-Sanchez, N., Correa, E. C., Diezma, B., Nicolaï, B. and García-Ramos, J.: Sensors for product characterization and quality of specialty crops-A review. Computers and Electronics in Agriculture. Vol. 74, Issue 2, November 2010, p. 176–194.
- [ 7] Ayumi, H., Makino, Y., Kawagoe, Y. and Oshita, S.: Prediction of degradation rate of broccoli during storage by hyperspectral imaging. CIGR-AGENG 2012, July 8-12, Valencia, Spain. (<http://cigr.ageng2012.org/>) 2012.
- [ 8] Diezma, B., Lara, M. A., Molina, M., Lleó, L., Ruiz-Altisent, M., Artés-Hernández, F. and Roger, J. M.: Monitoring leafy vegetables through packaging films with hyperspectral images. CIGR-AGENG 2012, July 8-12, Valencia, Spain. (<http://cigr.ageng2012.org/>) 2012.
- [ 9] Ignat, T., Schmilovitch, Z., Alchanatis, V. and Feloldi, J.: Hyperspectral imaging of intact bell peppers. CIGR-AGENG 2012, July 8-12, Valencia, Spain. (<http://cigr.ageng2012.org/>) 2012.
- [10] Lorente, D., Gómez, J., Aleixos, N., Cubero, S., García, O. L., Serrano, A., Soria, E. and Blasco, J.: Selection of optimal wavelength features for decay detection in citrus fruit using the ROC curve. CIGR-AGENG 2012, July 8-12, Valencia, Spain. (<http://cigr.ageng2012.org/>) 2012.
- [11] Mollazade, K., Omid, M., Akhlaghian, F., Mohtasebi, S. S. and Zude, M.: Spatial Mapping of Moisture Content in Tomato Fruits using Hyperspectral Imaging and Artificial Neural Networks. CIGR-AGENG 2012, July 8-12, Valencia, Spain. (<http://cigr.ageng2012.org/>) 2012.
- [12] Park, B., Sundaram, J., Hinton, A. Jr., Yoon, S.-C., Windham, W. R. and Lawrence, K. C.: Detection and Characterization of Salmonella with Hyperspectral Microscope Imaging. CIGR-AGENG 2012, July 8-12, Valencia, Spain. (<http://cigr.ageng2012.org/>) 2012.
- [13] Wie, X., Feng, F., He, L. and He, Y.: Classification for the Ripeness of Papayas by Hyperspectral Imaging. CIGR-AGENG 2012, July 8-12, Valencia, Spain. (<http://cigr.ageng2012.org/>) 2012.

- [14] Zhang, Y., Bao, Y., He, Y. and Yao, J.: Nondestructive measurement of fruit quality by means of NIR spectroscopy and hyperspectral imaging technology. CIGR-AGENG 2012, July 8-12, Valencia, Spain. (<http://cigr.ageng2012.org/>) 2012.
- [15] Zdunek, A., Herppich, W. B. and Cybulska, J.: The role of chlorophyll and starch content in biospeckle activity of apples. CIGR-AGENG 2012, July 8-12, Valencia, Spain. (<http://cigr.ageng2012.org/>) 2012.
- [16] Zdunek, A. and Herppich, W. B.: Relation of biospeckle activity with chlorophyll content in apples. Postharvest Biology and Technology 64, (2012) p. 58-63.
- [17] BMELF: Ermittlung der Mengen weggeworfener Lebensmittel und Hauptursachen für die Entstehung von Lebensmittelabfällen in Deutschland  
[http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/WvL/Studie\\_Lebensmittelabfaelle\\_Faktenblatt.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmelv.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/WvL/Studie_Lebensmittelabfaelle_Faktenblatt.pdf?__blob=publicationFile), 2012.
- [18] Gustavsson, J., Cederberg, C. and Sonesson, U.: Global food losses and food waste. FAO, Rome 2011.
- [19] Terry, L. A., Mena, C., Williams, A., Jenney, M. and Whitehead, P.: Fruit and vegetable resource maps; Mapping fruit and vegetable waste through the retail and wholesale supply chain, WRAP report, [www.wrap.org.uk/retail](http://www.wrap.org.uk/retail) 2011.
- [20] Hassenberg, K., Geyer, M., Ammon, C. and Herppich, W. B.: Physico-chemical and sensory evaluation of strawberries after acetic acid vapour treatment, Europ. J. Hort. Sci. 2011, 76 (4) p. 125-131.
- [21] Randall, P., Sholberg, P., Judd, G., and Cossentine, J.: Acetic Acid Fumigation of Fruit Storage Bins to Control Diapausing Codling Moth Larvae. HortScience 46 (2011) p. 1634-1639.
- [22] Streif, J.: Ripening management and postharvest fruit quality. Acta Hort. 858 (2008) p. 121-129.
- [23] McCormick, R., Neuwald, D. A. and Streif, J.: A case study: potential energy savings using 1-MCP with „Gala“ apples in commercial CA storage. Acta Hort. 877 (2010) p. 323-326.
- [24] Fadanelli, L.: Energy Savings as Reduced Costs and Lower CO<sub>2</sub> Emission Using Smartfresh (1-MCP) on Red Delicious and Fuji Apples in Commercial CA Storage. International Horticultural Conference 2010, Lisboa, book of Abstracts 2010.
- [25] Fruchthandel: <http://www.fruchthandel.de/newsnet/aktuelle-news/einzelmeldung-newsnet/hamburger-hafen-meldet-weiter-fortschreitende-containerisierung-bei-suedfruechten/bc1f476f89b566abab6b88d1a2a03fe2/> 2012.
- [26] Dodd, M. C.: Managing airflow inside reefer containers benefits produce quality. 7<sup>th</sup> International Postharvest Symposium 2012. 25-29 June 2012, Kuala Lumpur, Malaysia, Book of Abstracts 2012.
- [27] Fischer-Klüver, G.: Gemüse – frisch, innovativ und haltbar verpackt. Gemüse 47 (2011) H. 5, S. 36-37.
- [28] Lohrer, T.: Smartphones, App und QR-Code im Visier. Gemüse 47 (2011) H. 6, S. 43.



**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Geyer, Martin: Nachernteverfahren für Sonderkulturen. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-11

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043464>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/81.html>

## Technik in der Rinderhaltung

Georg Wendl, Jan Harms,

Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

### Kurzfassung

Die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen (Liberalisierung der Agrarmärkte, zunehmende Preisvolatilität, hoher Wettbewerbsdruck, wachsende Bestandsgrößen etc.) erfordern eine Steigerung der Arbeitsproduktivität in der Milchviehhaltung. Deshalb werden auch in der Milchviehhaltung verstärkt automatisierte Lösungen eingesetzt. Das automatische Melken ist inzwischen zu einem etablierten Melkverfahren geworden. Weltweit sind schon in mehr als 10.000 Betrieben Melkroboter in Form von Einboxen- oder Mehrboxenanlagen installiert. Auch für das Melken im Karussell wird ein erstes System angeboten. Der nächste Schritt ist die automatische Fütterung, dazu sind die ersten Anlagen installiert. Automatisierte Verfahren verlangen geeignete Sensor- und Herdenmanagementsysteme, hierbei besteht noch ein deutlicher Entwicklungs- und Optimierungsbedarf.

### Schlüsselwörter

Strukturwandel, Automatisierung, Fütterungstechnik, Melktechnik, Sensoren

## Machinery and Techniques for Cattle Husbandry

Georg Wendl, Jan Harms,

Institute for Agricultural Engineering and Animal Husbandry, Bavarian State Research Center for Agriculture

### Abstract

The economic conditions in general (liberalization of the agricultural market, rising volatility of prizes, high competitive pressure, growing herd sizes etc.) require an increase in labor productivity of dairy husbandry. Therefore more and more automated technical solutions are used in dairy farming. Today automatic milking is a well-established technique for milking. Milking robots as single box or multi box systems are already installed on more than 10.000 farms worldwide. Also, a first system is offered for automatic milking in rotaries. The next step in automation is automated basic feeding, first systems are in use on practical farms. Automated processes demand suitable sensor and herd management systems, a clear need for development and optimization exists in this area.

### Keywords

Structural change, automation, feeding technology, milking technology, sensors

## **Allgemeine Rahmenbedingungen**

Die fortschreitende Liberalisierung der Agrarmärkte und die Internationalisierung des Agrarhandels führen zu einer zunehmenden Volatilität auf den globalen und regionalen Agrarmärkten [1]. Begleitet wird diese Entwicklung von einem zunehmenden Wettbewerb und höheren Kostendruck, der auch eine weitere Steigerung der Arbeitsproduktivität verlangt und zu einem fortschreitenden Strukturwandel sowohl auf der Erzeuger- als auch auf der Verarbeiterseite führt. In Deutschland ist in den letzten drei Jahren die Zahl der Milchviehbetriebe pro Jahr um etwa 4 - 5 % zurückgegangen (85.908 Betriebe, Stand: Mai 2012), während die Zahl der Milchkühe bei etwa 4,2 Mio. fast gleich geblieben ist. Die Abnahme der kleineren Bestände wird durch einen Bestandsausbau in größeren Betrieben kompensiert. Die Zahl der Betriebe mit mehr als 100 Milchkühen ist innerhalb der letzten drei Jahre von 6.661 auf 8.259 (+ 24 %) gestiegen; derzeit werden etwa 40 % Kühe in diesen Beständen gehalten [2]. Weltweit ist eine ähnliche Tendenz zu beobachten, allerdings z. T. in anderen Dimensionen. In den USA z. B. nimmt bereits die Zahl der Betriebe mit weniger als 500 Kühen ab, dafür steigt die Anzahl Betriebe mit mehr als 500 Kühe [3].

Neben dem Strukturwandel findet in Deutschland auch eine Wanderung der Milchquote aus dem Süden in die Grünlandregionen im Norden bzw. Nordwesten statt. Die Bundesländer Bayern und Baden-Württemberg haben zwischen 2007 und 2012 ca. 3. % bzw. 5 % an Quote verloren, während Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Mecklenburg-Vorpommern jeweils etwa 5 % dazugewonnen haben [4; 5].

Neben der Strukturveränderung in der Milchviehhaltung hat sich in den letzten Jahren auch die Struktur der Melktechnikhersteller verändert. Neben den traditionellen Herstellern sind neue Anbieter auf den Markt getreten, die ausschließlich automatische Melksysteme anbieten (Firmen Lely (NL), Insentec (NL) und Christensen (DK)) [6]. Außerdem ist zu beobachten, dass die Hersteller über Firmenzukäufe versuchen, mit Komplettlösungen für Melken, Füttern, Entmisten, Herdenmanagement, Beratung und Service den Milchviehhaltern möglichst alles aus einer Hand anzubieten.

Moderne Tierhaltungsformen werden von der Gesellschaft zunehmend kritisch gesehen. Die Milchviehhaltung steht im Vergleich zur Schweine- und Geflügelhaltung bisher weniger im Fokus der gesellschaftlichen Kritik, dennoch müssen auch in der Milchviehhaltung verstärkt Anstrengungen zur Verbesserung der Tiergesundheit, zur Optimierung von Produktionssystemen mit hohen und mittleren Milchleistungen sowie zur Gestaltung automatisierter Haltungssysteme zum Vorteil der Milchkühe unternommen werden [7].

## **Elektronische Tierkennzeichnung**

Obwohl RFID-Transponder für die elektronische Erkennung von Milchkühen schon seit den 1970-er Jahren auf dem Markt erhältlich sind, die Technik weltweit standardisiert ist und in modernen Milchviehställen inzwischen allgemein verwendet wird, lässt in der EU die Einführung einer verpflichtenden elektronischen Einzeltierkennzeichnung für Rinder weiter auf sich warten [8]. Inzwischen aber hat die EU Kommission einen Vorschlag unterbreitet, der die freiwillige elektronische Kennzeichnung von Rindern vorsieht [9].

### **Entwicklungstrend: von der elektronischen Identifizierung zur Ortung**

Die Positionsbestimmung von Rindern mittels satellitengestützter Systeme (Global Navigation Satellite System (GNSS)) auf der Weide oder in Feedlots eröffnet neue Möglichkeiten in der Tierüberwachung. Erste GNSS-basierte Trackingsysteme für Rinder auf der Weide in Form von Halsbändern sind inzwischen auf dem Markt und zeigen ihr Potenzial zur Reduzierung des Arbeitszeitaufwands und der Arbeitsbelastung sowie zur Optimierung der Weideführung [10]. Auch Entwicklungen, diese Technik in eine Ohrmarke zu integrieren, wurden vorgestellt [11]. Eine Weiterentwicklung von GNSS-basierten Trackingsystemen stellt der virtuelle Weidezaun dar, bei dem eine Beweidung ohne die bekannten konventionellen Zäune möglich wäre. Obwohl seit über 40 Jahren intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf diesem Gebiet durchgeführt wurden, sind diesbezüglich noch viele Probleme (z. B. Energieversorgung, Sicherheit, Tierschutz) zu lösen, bevor ein vermarktungsfähiges Produkt für die Praxis zur Verfügung steht [12].

Satellitengestützte Systeme eignen sich auf Grund der Signalabschattung nicht zur Positionsbestimmung von Rindern im Stall. Diese Aufgabenstellung kann mit sog. Real Time Location Systems (RTLS) gelöst werden. Bisher wurden derartige Systeme i. e. L. für wissenschaftliche Untersuchungen zum Tierverhalten eingesetzt [13; 14]. Inzwischen werden die ersten Systeme in Praxisbetrieben in Dänemark genutzt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Genauigkeit für die 2D-Ortung der Tiere und für die Zuordnung zu den Funktionsbereichen ausreicht, nicht jedoch für weitergehende Auswertungen wie zum Aufsprungverhalten oder zur Geschwindigkeitsbestimmung [15]. Ein Einsatz derartiger Systeme im Forschungsbetrieb ist in jedem Fall sinnvoll, weil sie die arbeitszeitaufwändige Direkt- oder Videobeobachtung teilweise ersetzen bzw. ergänzen können [16]. Eine kostengünstigere Lösung für die Praxis wäre, die ohnehin vorhandenen Transponder beim Passieren von Über-/Durchgängen auszulesen, um den Aufenthalt der Tiere in den Funktionsbereichen Liegen, Fressen und Melken zu überwachen.

### **Fütterungstechnik**

Um die Bedienung von konventionellen Futtermischwagen zu vereinfachen und empfindliche Kabel- und Steckverbindungen zu vermeiden, werden von den Herstellern zunehmend kabellose Bedienterminals und auch webbasierte Fütterungsmanagement-Programme angeboten, mit denen die Futterrationen dokumentiert und die Fütterungsdaten vom Landwirt und Fütterungsberater über Internet bearbeitet werden können [17; 18; 19].

Nach den Kraftfutterabruftautomaten, die seit den 1970-er Jahren in der Milchviehhaltung eingesetzt werden, zeichnen sich auch in der Grundfutterfütterung weitere Automatisierungsschritte ab. Dabei werden Teilaufgaben wie das Futter Nachschieben oder auch der gesamte Fütterungsprozess automatisiert. Für das automatische Futter Nachschieben sind Systeme auf dem Markt, die meist batteriebetrieben entweder als autonome Systeme (z. B. Produkte der Fa. Lely oder Hetwin) oder als stationäre Systeme (z. B. von Fa. Wasserbauer) selbsttätig mehrmals am Tag Futter nachschieben. Das System des zuletzt genannten Herstellers kann auch kleine Mengen Kraftfutter über das Grundfutter streuen und soll dadurch die Kühe zur Grundfutteraufnahme anregen [20].

Eine deutlichere Arbeitszeitreduzierung kann erreicht werden, wenn nicht nur das Futter Nachschieben, sondern auch das Futter Mischen und Verteilen automatisiert werden. Mehrere Hersteller haben in den letzten 10 Jahren verschiedene automatische Fütterungssysteme am Markt eingeführt. Die einzelnen Systeme unterscheiden sich in der Bevorratung des Futters, im Mischsystem (Horizontal-, Vertikal-, Freifall-Mischer), in der Ausbringung der Futtermischung (Futterband, schienengeführter oder autonomer Futterwagen) und im Antriebssystem (Stromschleppkabel, Stromschienen, Batterie, Verbrennungsmotor) [21]. Am häufigsten in der Praxis verbreitet sind bisher schienengeführte, elektrisch angetriebene Futtermischwagen. Nach Schätzungen nutzen derzeit weltweit etwa 300 - 400 Betriebe derartige Anlagen [22].

Die Firma Lely hat vor kurzem ein neues autonomes, batteriebetriebenes System vorgestellt, das aufbauend auf dem Lely Futternachschieber über einen 2 m<sup>3</sup> Vertikalmischer verfügt, der mit Hilfe eines automatischen Futtergreifers mit den einzelnen Futterkomponenten aus dem Futtervorratsbereich befüllt wird, anschließend die selbst gemischte Futterration automatisch ausbringt und auch das Futter nachschiebt. Völlig neuartig in der Grundfutterfütterung für Rinder ist ein Futterhöhsensor, der - ähnlich wie in der sensorgesteuerten Flüssigfütterung in der Schweinehaltung - den Futtervorrat am Fressgitter misst und dadurch bestimmt, wo und wann frisches Futter benötigt wird. Für 2013 ist die Markteinführung in Deutschland geplant (**Bild 1**) [23; 24].



**Bild 1:** Automatisches Fütterungssystem Lely Vector [23].

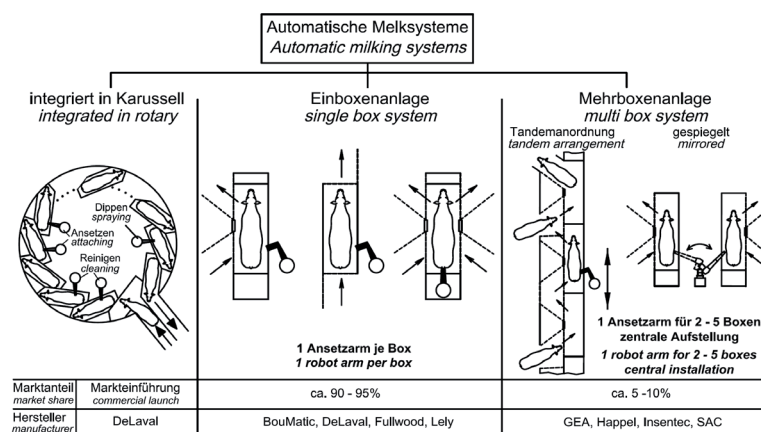
**Figure 1:** Automatic feeding system Lely Vector [23].

Von einer mehrmaligen täglichen Fütterung wird beim automatischen Melken eine erhöhte Melkfrequenz erwartet. Neuere Untersuchungen in 20 niederländischen Praxisbetrieben (n=9 mit konventioneller Fütterung, n=11 mit automatischer Fütterung) zeigen allerdings, dass die Anzahl Melkungen durch eine mehrmalige automatische Fütterung nicht signifikant gesteigert werden konnte. Das häufigere Füttern hat zwar die Kuhaktivität gefördert, aber die Anzahl Melkroboterbesuche mit und ohne Melken hatte sich nicht signifikant erhöht und die Spitze der stündlichen Melkbesuche am Morgen konnte nicht verringert werden [22].

## Melktechnik

In Europa ist das automatische Melken mittlerweile zu einem etablierten Melkverfahren geworden. 90 % der Betriebe mit automatischen Melksystemen (weltweit über 10.000) sind in Nord-West-Europa zu finden, der Hauptteil in den Niederlanden, Dänemark, Frankreich, Deutschland und Schweden [21; 25]. In Deutschland hatten 2011 laut Herstellerangaben schon über 50 % der Betriebe, die in eine neue Melktechnik investiert haben, automatische Melksysteme (AMS) gekauft. Nach einer Befragung an über 2.000 Milchviehbetrieben in 19 europäischen Ländern waren 2006 noch in mehr als 50 % der befragten Betriebe Fischgrätenmelkstände (FGM) installiert. Für 2016 erwarten diese Betriebe, dass nur noch ca. 1/3 der Betriebe im FGM melken und etwa 40 % der Kühe automatisch oder in Melkkarussellen gemolken werden. In den Niederlanden und Schweden werden heute schon mehrheitlich automatische Melksysteme eingesetzt [26].

Die technische Entwicklung in der Melktechnik konzentriert sich hauptsächlich auf das automatische Melken und auf Sensorsysteme. Die bisherigen Einboxen- und Mehrboxenanlagen wurden weiter entwickelt und optimiert. Neben den schon länger bekannten Einboxanlagen mit seitlichem Ein- und Austrieb und seitlichem Ansetzen der Melkbecher sind inzwischen auch Einboxanlagen mit geradem Ein- und Austrieb (Fa. Lely [23]) oder mit rückwärtigem Ansetzen der Melkbecher durch die Hinterbeine (Fa. BouMatic Robotics [27]) auf dem Markt. Auch für eine Automatisierung im Karussell ist inzwischen ein System mit 24 Melkplätzen (Automatic Rotary Milking System (AMR) der Fa. DeLaval) verfügbar, bei dem fünf Roboter (zwei für die Reinigung der Zitzen, zwei für das Ansetzen der Melkbecher und einer für das Dippen) den Melkprozess automatisieren. Das System wurde auf der EuroTier 2010 mit einer Goldmedaille ausgezeichnet und befindet sich gerade weltweit in der Markteinführung [28] (**Bild 2**).



**Bild 2:** Bauformen von automatischen Melksystemen.

**Figure 2:** Models of automatic milking systems.

Zur Erkennung von Euterentzündungen wird bei allen Systemen eine viertelindividuelle Messung der elektrischen Leitfähigkeit der Milch verwendet, bei den meisten Fabrikaten auch ergänzt um eine Bluterkennung. Daneben werden auch zwei unterschiedliche Systeme (Fa. DeLaval und Fa. Lely) zur Bestimmung der somatischen Zellzahl eingesetzt. Ergebnisse



aus Praxisbetrieben zeigen, dass zwar die erreichte Sensitivität meist sehr gut ist, aber die erzielte Spezifität noch unbefriedigend ist. In der Markteinführung befinden sich auch Systeme zur Bestimmung von Milchinhaltsstoffen (Fa. Fullwood und Fa. DeLaval) [29]. Der Tatsache, dass beim automatischen Melken u. U. der Anteil der freien Fettsäuren in der Milch aufgrund von kürzeren Zwischenmelkzeiten und der eventuell höheren mechanischen Belastung (z. B. durch längere Leitungslängen) höher sein kann, muss in Zukunft mehr Beachtung geschenkt werden [30].

In vielen Ländern wurden bisher zahlreiche Untersuchungen zum automatischen Melken hinsichtlich Vor- und Nachteile, Tierverhalten, Tierwohl, Tiergesundheit, Milchqualität und Management durchgeführt. Der heutige Stand des Wissens ist in verschiedenen Veröffentlichungen zusammengefasst [25; 31; 32; 33; 34; 35; 36]. Daraus wird deutlich, dass sich die Kühe i. d. R. relativ schnell an das automatische Melken gewöhnen, dass die optimistischen Erwartungen hinsichtlich einer deutlichen Steigerung der Milchleistung und der Eutergesundheit durch ein öfteres Melken bisher nicht erfüllt wurden und dass die Milchqualität, die Tiergesundheit und das Wohlbefinden der Kühe grundsätzlich nicht negativ beeinflusst werden. Die bisherigen Ergebnisse zeigen auch, dass Unterschiede im Management und den betriebsbedingten Bedingungen (realistische Erwartungen, Stallgrundriss, gute Vorbereitung auf Umstellung etc.) ausschlaggebender sind als die jeweilige Technik des AMS selbst. Automatisches Melken bedeutet nicht, dass die Rolle des Melkers/Herdenbetreuers unbedeutender wird, sondern vielmehr zunimmt. Fehler in der Erkennung von Eutererkrankungen oder bei der Milchhygiene stellen ein Risiko dar; sie können zwar durch geeignete Managementmaßnahmen kontrolliert werden, aber technische Entwicklungen in diesem Bereich sind weiter notwendig, womöglich auch unter Einbeziehung von Verhaltensänderungen bei Mastitiserkrankungen [37].

Neuere Umfragen bei mehreren hundert Roboterbetrieben in Deutschland bestätigen, dass automatische Melksysteme in erster Linie wegen der Arbeitswirtschaft (Arbeitserleichterung, Zeitersparnis, Flexibilisierung) gekauft werden, dass die Zufriedenheit und die Wiederkaufsquote jeweils hoch bis sehr hoch ist, dass bei der Zitzenerkennung, der Euterreinigung, dem Service, der Schulung, der Vorbereitung vor der Umstellung und der kompetenten Beratung Optimierungsbedarf besteht und dass in vielen Betrieben die Technik noch nicht ausgelastet ist [38; 39; 40].

## **Zusammenfassung**

Die Haltungsverfahren in der Tierhaltung entwickeln sich ständig weiter und werden neben politischen Rahmenbedingungen wesentlich vom technischen Fortschritt und von gesellschaftlichen Anforderungen bestimmt. Es ist davon auszugehen, dass aus ökonomischen Gründen das Bestandsgrößenwachstum weitergehen wird. Gleichzeitig ist ein starker Trend hin zur Automatisierung zu beobachten. Das automatische Melken ist zu einem etablierten Melkverfahren geworden. Auch für die automatische Grundfutterfütterung sind die ersten Anlagen installiert. Automatisierte Verfahren verlangen aber geeignete Sensor- und Managementsysteme zur Tierüberwachung und Verbesserung der Tiergesundheit, hierbei besteht noch ein deutlicher Entwicklungs- und Optimierungsbedarf.

## Literatur

- [1] Dorfner, G.: Herausforderung Zukunft - Milcherzeugung in Bayern. Mais 38 (2011) H. 2, S. 61-65.
- [2] Statistisches Bundesamt: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei - Viehbestand und tierische Erzeugung - Fachserie 3 Reihe 4. Wiesbaden, verschiedene Jahrgänge.
- [3] N. N.: US-Milchviehhalter suchen ihr Heil in der Größe. DLG-Mitteilungen 127 (2011) H. 12, S. 110.
- [4] Dick, J. und Geiger, K.: Milchquotenzu- und -abwanderung in Deutschland seit 01.07.2007. [www.lfl.bayern.de/iem/milchboerse/27526/linkurl\\_0\\_13.pdf](http://www.lfl.bayern.de/iem/milchboerse/27526/linkurl_0_13.pdf), 24.07.2012.
- [5] Weber, S. und Rothe, A.: Quotenwanderung - Entwicklungsmöglichkeiten der Milchviehbetriebe in Deutschland. Mais 38 (2011) H. 2, S. 56-60.
- [6] Kutschenreiter, W.: Melktechnik - Markt, Unternehmen, Systeme. Milchpraxis 49 (2011) H. 1, S. 8-11.
- [7] Deutsche Agrarforschungsallianz (DAFA): Fachforum Nutztiere - Wissenschaft, Wirtschaft, Gesellschaft - gemeinsam für eine bessere Tierhaltung - Strategie der Deutschen Agrarforschungsallianz. [www.dafa.de/fileadmin/dam\\_uploads/images/Veranstaltungen/FF Nutztiere 2012/Brosch-DAFA-FFNutztiereWeb.pdf](http://www.dafa.de/fileadmin/dam_uploads/images/Veranstaltungen/FF_Nutztiere_2012/Brosch-DAFA-FFNutztiereWeb.pdf), 24.07.2012.
- [8] Hogewerf, P.: Elektronische Tierkennzeichnung - Standardisierung und technische Entwicklung. In: Elektronische Tierkennzeichnung in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, KTBL-Schrift 490, S. 7-17. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt, 2011.
- [9] Europäische Kommission: Elektronische Kennzeichnung von Rindern zur weiteren Verbesserung der Lebensmittelsicherheit und der Tiergesundheit in der EU. <http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/11/991&format=HTML&aged=1&language=DE&guiLanguage=en>, 25.07.2012.
- [10] Thurner, S., Neumaier, G. und Wendl, G.: Erste Erfahrungen zum Weidemanagement bei Junggrindern auf Almen mit einem GPS- und GSM-basierten Trackingsystem. In: Tagungsband zur 10. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 27. - 29. Sept. 2011, Kiel, S. 1-9. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt, 2011.
- [11] Schleppe, J.B., Lachapelle, G., Booker, C.W. and Pittman, T.: Challenges in the design of a GNSS ear tag for feedlot cattle. Computer and Electronics in Agriculture 70 (2010), S. 84-95.
- [12] Umstatter, C.: The evolution of virtual fences: A review. Computer and Electronics in Agriculture 75 (2011), S. 10-22.
- [13] Gygax, L., Neisen, G. and Bollhalder, H.: Accuracy and validation of a radar-based automatic local position measurement system for tracking dairy cows in free-stall barns. In: Computers and Electronics in Agriculture 56(2007), pp. 23-33.

- [14] Helmreich, S., Gygax, L., Wechsler, F. und Hauser, R.: Aktivität und Liegeverhalten von Milchkühen in Ställen mit Automatischen Melksystemen. In: Optimierte Milchgewinnung - 3. Tänniker Melktechniktagung, ART-Schriftenreihe 15, S. 49-53. Hrsg.: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tännikon ART Tännikon, Ettenhausen, 2011.
- [15] Georg, H., Rose, T. und Hellmuth, U.: Untersuchung der Praxisauglichkeit eines Ortungssystems zur Verbesserung des Herdenmanagements eines Milchviehbetriebes. In: Tagungsband zur 10. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, 27. - 29. Sept. 2011, Kiel, S. 10-16. Hrsg.: Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL), Darmstadt, 2011.
- [16] Georg, H., Bender, S. und Ude, G.: Erprobung eines Ortungssystems zur Erfassung des Weideverhaltens von Ziegenlämmern. Landtechnik 67 (2012) H. 2, S.136-139.
- [17] -, -: Internetauftritt der Firma BvL van Lengerich. [www.dairyfeeder.de](http://www.dairyfeeder.de), 06.08.2012
- [18] -, -: Internetauftritt der Firma Keenan. [www.keenan.de.com](http://www.keenan.de.com), 06.08.2012
- [19] -, -: Internetauftritt der Firma Siloking. [www.siloking.com](http://www.siloking.com), 06.08.2012
- [20] Lefting, S.: Futter nachschieben wie von Geisterhand. top agrar 40 (2011) H. 11, S. R30-R33.
- [21] Wendl, G.: Entwicklungstendenzen in der Haltungstechnik für die Milchviehhaltung. In: Tagungsband zur landtechnisch-baulichen Jahrestagung und Eröffnung der Lehrschau am 25. Oktober 2011 in Grub, Schriftenreihe der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft 7/2011, S. 23-42. Hrsg: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft Freising, 2011.
- [22] Belle, Z., André, G. and Pompe, J.C.A.M.: Effect of automatic feeding of total mixed rations on the diurnal visiting pattern of dairy cows to an automatic milking system. Biosystems Engineering 111 (2012), pp. 33-39.
- [23] -, -: Internetauftritt der Firma Lely. [www.lely.com](http://www.lely.com), 25.07.2012
- [24] Bensing, T.: Aus Zwei mach Eins - Neuvorstellung: Fütterungsroboter Lely Vector. profi 24 (2012) H. 7, S. 54-56.
- [25] de Koning, K. 2010. Automatic milking - Common practice on dairy farms. In: Proceedings Second North American Conference on Robotic Milking, pp. V59-V63 Toronto, Canada. Ed.: Precision Dairy Operators, Elora, Canada.
- [26] Lassen, B.: Zusammenhang zwischen Betriebsstruktur, Melktechnik und Produktivität - Ergebnisse einer europaweiten Befragung von Milcherzeugern. Berichte über Landwirtschaft 89 (2011) H. 3, S. 376-399.
- [27] -, -: Internetauftritt der Firma BouMatic. [www.boumaticrobotics.com](http://www.boumaticrobotics.com), 25.07.2012.
- [28] -, -: Internetauftritt der Firma DeLaval. [www.delaval.com](http://www.delaval.com), 25.07.2012.
- [29] Brandt, M., Haeusermann, A., Knappstein, K. und Hartung, E.: Erkennung von Euterentzündungen durch aktuelle Sensortechnik auf Betrieben mit Automatischem Melksystem. In: Optimierte Milchgewinnung - 3. Tänniker Melktechniktagung, ART-Schriftenreihe 15, S. 19-26. Hrsg.: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tännikon ART Tännikon, Ettenhausen, 2011.

- [30] -, -: Beeinflussen Roboter die Milchqualität? DLG-Mitteilungen 127 (2011) H. 7, S. 8.
- [31] Jacobs, J.A. and Siegford, J.M.: Lactating dairy cows adapt quickly to being milked by an automatic milking system. Journal of Dairy Science 95 (2012) No. 3, pp. 1575-1584.
- [32] Hovinen, M. and Pyörälä, S.: Invited review: Udder health of dairy cows in automatic milking. Journal of Dairy Science 94 (2011) No. 2, pp. 547-562.
- [33] Jacobs, J.A. and Siegford, J.M.: Invited review: The impact of automatic milking systems on dairy cow management, behavior, health, and welfare. Journal of Dairy Science 95 (2012) No. 5, pp. 2227-2247.
- [34] Brandt, M., Haeusermann, A. and Hartung, E.: Invited review: Technical solutions for analysis of milk constituents and abnormal milk. Journal of Dairy Science 93 (2010) No. 2, pp. 427-436.
- [35] Wechsler, B., Neuffer, I., Helmreich, S., Gygax L. und Hauser, R.: Automatische Melksysteme - Aspekte der Tiergerechtigkeit, ART-Bericht 752. Hrsg.: Forschungsanstalt Agroscope Reckenholz-Tänikon ART Tänikon, Ettenhausen, 2012.
- [36] Reinecke, F.: Automatische Melksysteme - Segen oder Fluch? Der Praktische Tierarzt 92 (2011) H. 1, S. 59-64.
- [37] Fogsgaard, K.K., Røntved, C.M., Sørensen, P. and Herskin, M.S.: Sickness behavior in dairy cows during Escherichia coli mastitis. Journal of Dairy Science 95 (2012) No. 2, pp. 630-638.
- [38] Lehnert, S.: So bewerten 830 Betriebe ihren Roboter. top agrar 40 (2011) H. 10, S. R8-R17.
- [39] Groenewold, J.: Melken mit dem Roboter. Milchpraxis 49 (2011) H. 4, S. 42-45.
- [40] Degen, M., Grapengeter, M. und Clausen, K.: Melkroboter: Die meisten sind nicht ausgelastet. Top agrar 40 (2011) H. 12, S. R26-29.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Wendl, Georg; Harms, Jan: Technik in der Rinderhaltung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-9

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043465>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/58.html>

## Technik in der Geflügelhaltung

Jutta Berk,

Institut für Tierschutz und Tierhaltung Celle, Friedrich-Loeffler-Institut

### Kurzfassung

Der Beitrag gibt einen kurzen Überblick über die in Deutschland vorhandenen Rahmenbedingungen in der Geflügelhaltung. Der Tierschutz steht immer mehr im Vordergrund von öffentlichen Diskussionen, so dass alternative Haltungssysteme an Bedeutung gewinnen. In der Putenmast stellt der Anbau eines Außenklimabereiches eine mögliche Alternative dar. Die Ergebnisse von Untersuchungen zeigten, dass die Puten diesen sehr gut nutzen, ohne dass ein negativer Einfluss auf das Tierverhalten, die Tierleistungen oder die Tiergesundheit vorhanden waren. Für die Masthähnchen wurde ein neues Konzept entwickelt, dass unter dem Namen "Privathof" etabliert wurde. Weitere Schwerpunkte des Beitrages behandeln die Nutzung von LED-Lampen in Geflügelställen und die Geschlechtsbestimmung im Hühnerei.

### Schlüsselwörter

Worte

Tierschutz, Beleuchtung, alternative Haltungssysteme, Geschlechtsbestimmung

## Machinery and Techniques in Poultry Husbandry

Jutta Berk,

Institut für Tierschutz und Tierhaltung Celle, Friedrich-Loeffler-Institut

### Abstract

The article gives a brief overview of the existing basic conditions in the poultry industry in Germany. Animal welfare is increasingly in the focus of public debate, so that alternative farming systems are gaining in importance. In the fattening of turkeys the offer of a veranda could be a possible alternative to conventional husbandry systems. The results of investigations showed that the turkeys use a veranda without serious, negative impacts on the animal behavior, the animal health or the animal performance. For broilers, a new concept was developed that was established under the name "Privathof". Other main fields of the paper deal with the use of LED lamps in poultry houses and gender determination in the unincubated egg.

### Keywords

Animal welfare, lighting, alternative housing systems, gender determination

## Rechtliche Rahmenbedingungen

In Deutschland besteht ein hoher gesellschaftlicher Anspruch auf eine tierschutzkonforme Tierhaltung, der in den letzten Jahren maßgeblich zu einer Verbesserung und Weiterentwicklung der vorhandenen Haltungssysteme und -bedingungen auch in der Geflügelhaltung beigetragen hat. Die rechtlichen Grundlagen für den Tierschutz sind im Tierschutzgesetz in der Neufassung vom 18. Mai 2006 verankert [1]. Die Anforderungen an das Halten von Tieren sind in der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung geregelt [2]. Am 9. Oktober 2009 wurde die 4. Verordnung zur Änderung der Nutztierhaltungsverordnung mit Anforderungen an die Haltung von Masthühnern in Kraft gesetzt, die der Umsetzung der Richtlinie 2007/43/EG dient [3; 4]. Die Verordnung gilt für intensive Masthühnerhaltungen ab einem Bestand von 500 Tieren, soweit diese nicht in Brütereien, in extensiver Bodenhaltung oder Auslaufhaltung oder in ökologischer Haltung nach der Verordnung (EG) Nr. 834/2007 gehalten werden [5]. Die maximale Besatzdichte darf zu keinem Zeitpunkt 39 kg Lebendgewicht pro m<sup>2</sup> Nutzfläche überschreiten. Abweichend von dieser Regelung hat der Halter sicherzustellen, dass im Durchschnitt dreier aufeinanderfolgender Mastdurchgänge die Masthühnerbesatzdichte 35 kg/m<sup>2</sup> nicht überschreitet, soweit das Durchschnittsgewicht der Masthühner weniger als 1600 g beträgt. Die Erarbeitung der bundeseinheitlichen Leitlinien für eine gute betriebliche Praxis zur Haltung von Masthühnern ist abgeschlossen. Damit lösen die Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung (Abschnitt 4) und die vorliegenden Leitlinien den Teil „Jungmasthühner“ der Bundeseinheitlichen Eckwerte für eine freiwillige Vereinbarung zur Haltung von Jungmasthühnern (Broiler, Masthähnchen) und Mastputen vom 2. September 1999 ab [2; 6].

Für Mastputen, Peking- und Moschusenten gibt es nach wie vor keine gemeinschaftsrechtlichen Tierschutzregelungen, so dass für Mastputen weiterhin die „Bundeseinheitlichen Eckwerte für die Haltung von Mastputen“ aus dem Jahr 1999 gelten. Eine fachliche Überarbeitung der bestehenden Eckwerte ist seit längerer Zeit notwendig und wurde im Jahr 2011 unter Einbeziehung von Experten aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft unter Beteiligung von Vertretern aus Tierschutzorganisationen begonnen und soll Ende 2012 abgeschlossen sein.

In der Richtlinie 1999/74/EG des Rates vom 10. Juli 1999 sind Mindestanforderungen an die Haltung von Legehennen festgeschrieben [7]. Mit der Zweiten Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung vom 1. August 2006 wurde dann in Deutschland die auf Basis des ausgestalteten Käfigs entwickelte Kleingruppenhaltung zugelassen und die Übergangsfristen zur Haltung von Legehennen in konventionellen Käfigen bis Ende 2009 gestattet [8]. Mit Beschluss vom 12. Oktober 2010 hatte das Bundesverfassungsgericht die entsprechenden Teile der Legehennenhaltung der Zweiten Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung vom 1. August 2006 für nicht verfassungskonform erklärt [8; 9]. Daraufhin wurde im Mai 2011 vom zuständigen Bundesministerium ein offizieller Verordnungsentwurf vorgelegt, der die Kleingruppenhaltung zukünftig von dieser Verordnung ausschließt.



## Verbesserung von Haltungssystemen in der Geflügelmast

Üblicherweise sind konventionelle Putenställe bis auf Fütterungs- und Tränkeinrichtungen reiz- und strukturlos. Eine Anreicherung der Haltungsumwelt durch das Anbieten von Strukturen wie erhöhte Sitzgelegenheiten (Strohballen, erhöhte Ebenen mit Rampen) zur Ausübung des arttypischen Ruheverhaltens oder Außenklimabereiche bieten bessere Möglichkeiten zur Ausübung art eigener Verhaltensweisen und können so helfen, den biologischen Bedarf der Tiere abzudecken.

Alternative Haltungsverfahren mit Außenklimabereich gewinnen in der Putenmast aufgrund des veränderten Verbraucherverhaltens zunehmend an Bedeutung. Überdachte und betonierte Außenflächen sind im Vergleich zu herkömmlicher Freilandhaltung in Bezug auf Tiergesundheit und Hygiene positiver zu bewerten, da hier eine Reduktion der Krankheitserreger durch die Möglichkeit der Reinigung und Desinfektion nach Beendigung der Mastdurchgänge erreicht wird.

Im Rahmen eines Pilotprojektes wurde über den Zeitraum von 6 Mastperioden der Einfluss eines Außenklimabereiches (AKB) auf das Tierverhalten, die Tierleistungen, die Tiergesundheit, das Stallklima, die Schlachtkörper- und Fleischqualität sowie die Ökonomie federführend durch das Institut für Tierschutz und Tierhaltung Celle in der Putenmast untersucht. In zwei der Mastperioden konnten die Puten zeitweise zusätzlich einen Auslauf nutzen. Im Auslauf wurden Bodenproben genommen und auf chemische Bodenmerkmale untersucht. Die Ergebnisse dieser Pilotstudie zeigten, dass schwere konventionelle Hähne (B.U.T. Big 6) den AKB und den Auslauf nutzten, ohne dass ein negativer Einfluss auf die erhobenen Leistungsmerkmale feststellbar war [10].

Eine Nachfolgeuntersuchung zum Einsatz eines Außenklimabereiches in der Putenmast unter Einbeziehung unterschiedlicher Besatzdichten und Strukturen (erhöhte Ebenen im Stall, Strohballen im AKB) bei Zugrundelegung einer 50-prozentigen Anrechenbarkeit der Nutzfläche des Außenklimabereiches auf die Erhöhung der Besatzdichte folgte (**Bild 1**). Für die Untersuchung standen zwei identische Hahnenställe mit AKB am gleichen Standort zur Verfügung (**Bild 2**). Die Ergebnisse zeigten, dass eine Erhöhung der Besatzdichte durch eine 50-prozentige Anrechnung der Nutzfläche des AKB keine gravierenden Auswirkungen auf die Tierleistungen, die Tiergesundheit oder das Tierverhalten in der Praxis hatten. Dieses Projekt wurde vom Niedersächsischen Ministerium für den ländlichen Raum, Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz finanziert [11].



**Bild 1:** Erhöhte Ebene im Putenstall (Foto: ITT Celle)

**Figure 1:** Elevated level in the turkey barn (Photo: ITT Celle)



**Bild 2:** Stall mit Außenklimabereich (Foto: GS agri)

**Figure 2:** Stable with a veranda (Photo: GS agri)

Im Masthähnchenbereich startete Wiesenhof im Oktober 2011 ein neues Tierwohl-Konzept, das unter dem Namen "Privathof" etabliert wurde und dem Verbraucherwunsch nach mehr Tierschutz entgegenkommt. Als Zielgruppe dieses neuen Konzeptes werden etwa 20 % der Bevölkerung gesehen, die grundsätzlich bereit sind, einen höheren Preis für Fleisch aus besonders tiergerechter Produktion zu zahlen. Das bedeutet einen Mehrpreis von 130 % verglichen mit Hähnchen aus konventioneller Haltung (100 %), der aber unter dem Preisniveau von extensiver Bodenhaltung (bis zu 150 %) bzw. Bio-Geflügel (EG-Verordnung, 250 %) liegt. Für die Mast werden langsam wachsende Herkünfte eingesetzt, wobei die Besatzdichte bei maximal 25 kg/m<sup>2</sup> bei einer Tageszunahme von höchstens 45 g pro Tag liegt. Laut Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung sind 35 bzw. 39 kg/m<sup>2</sup> zulässig, während Tageszunahmen bis zum jetzigen Zeitpunkt auch in der ökologischen Haltung nicht geregelt sind. Den

Masthähnchen stehen zusätzlich Strohballen, Pickgegenstände und Sitzstangen zur Verfügung (**Bild 3, 4**). Zukünftig ist geplant, dass ein Außenklimabereich vorgeschrieben ist. Die Aufzuchtdauer (> 40 Tage) ist ebenfalls länger im Vergleich zu konventioneller Mast (29 bis 38 Tage). Ab Herbst 2012 ist geplant, dass eine Zertifizierung nach Richtlinien des Deutschen Tierschutzbundes erfolgt [12].



**Bild 3:** Haltungsanreicherung mit Strohballen und Pickstein (Foto: Bachmeier)

**Figure 3:** Enrichment with straw bale and picking stone (Photo: Bachmeier)



**Bild 4:** Sitzstange im Stall (Foto: Bachmeier)

**Figure 4:** Perch in the stable (Photo: Bachmeier)

### **Optimale Stallbeleuchtung mittels LED-Lampen?**

Vögel verfügen im Vergleich zum Menschen über eine ultraviolett-zapfenbedingte, vierdimensionale Farbempfindung, über eine erhöhte spektrale Sensitivität ihrer Photorezeptoren und über ein breiteres Farbperzeptionsspektrum [13]. Die Bildauflösung (Flickererkennung) ist gegenüber dem Menschen um den Faktor 2 bis 8 in Abhängigkeit von der Lichtintensität



und der Lichtfarbe, erhöht. Die Beleuchtung beeinflusst entscheidend das Verhalten und die Tierleistungen von Geflügel. Eine optimale Stallbeleuchtung setzt eine möglichst gleichmäßige Lichtverteilung im Stall voraus, wobei flickerfreies Licht (Stroboskopeffekt) gefordert wird. Die Lampen sollten dimmbar und energiesparend sein. Glühlampen wurden häufig im Stall eingesetzt, da sie günstig im Preis waren, einfache Schalttechnik erforderten und dimmbar sind. Die Nachteile sind im hohen Verbrauch von Primärenergie, einer geringen Wirkungseffizienz (3 bis 8 %), hohen Betriebstemperaturen (Brandgefahr) bei geringer Lebensdauer (ca. 1000 Stunden) zu sehen [14]. Ab September 2009 erfolgte das schrittweise Herausnehmen von Glühlampen aus dem Verkauf in der EU, so dass nach Ersatz gesucht werden musste. In letzter Zeit werden verstärkt LED-Lampen in Geflügelställen eingesetzt, die unempfindlicher gegen Erschütterungen sind und über eine Lebensdauer zwischen 15.000 und 80.000 Stunden verfügen. Allerdings ist das Licht monochromatisch und weist meistens keinen UV-Anteil auf. Das Preis-Leistungsverhältnis gegenüber Kompakt-Leuchtstoff-Sparlampen ist ebenso wie die Dimmbarkeit der erforderlichen Vorschalt elektronik noch nicht optimal [14]. Mittlerweile wurden LED-Leuchten mit Schraubsockel entwickelt, die eine 40-Watt-Glühlampe vollwertig ersetzen sollen, bezogen auf Lichtausbeute und -verteilung sowie Dimmbarkeit (**Bild 5**). Diese können einfach in die vorhandenen Lampengehäuse nachgerüstet werden. Allerdings muss die richtige Dimmtechnik verwandt werden, wobei das Dimmniveau die Amortisation beeinflusst [15].



**Bild 5:** LED-Lampe (Foto: Big Dutchman)

**Figure 5:** LED lamp (Photo: Big Dutchman)

### **Geschlechtsbestimmung im Hühnerei als Alternative zur Tötung männlicher Eintagsküken von Legehennenlinien**

Bei keiner anderen Nutztierart hat die Spezialisierung und Industrialisierung der Produktion in den letzten Jahrzehnten einen ähnlich hohen Grad erreicht wie beim Haushuhn. Schnell-

wüchsige Mastlinien stehen hoch spezialisierten Legelinien gegenüber. Negative Korrelationen zwischen Legeleistung und Fleischansatz machen allerdings die wirtschaftliche Nutzung der männlichen Nachkommen von Legehennenlinien schwierig. Gegenwärtig werden daher allein in Deutschland jährlich ca. 40 Millionen männliche Nachkommen unmittelbar nach dem Schlupf aussortiert und anschließend mittels CO<sub>2</sub>-Begasung getötet. Dies betrifft sämtliche Bereiche der Legehennenhaltung einschließlich des Bio-Sektors, stößt jedoch zunehmend auf ethische und rechtliche Bedenken. Zurzeit werden neue Verfahren getestet, die bereits eine Geschlechtsbestimmung im Ei ermöglichen. Im Fokus stehen dabei insbesondere die Einsatzmöglichkeiten optischer Verfahren sowie schwingungsspektroskopischer Analysemethoden für eine Geschlechtsdiagnose am unbebrüteten Ei [16]. Für die Geschlechtsdiagnose werden die darstellenden und analytischen Möglichkeiten von Licht genutzt. Da die Eischale hierbei bislang eine unüberwindbare Barriere bildet, wird zunächst ein Zugang berührungsfrei durch den Einsatz geeigneter Laser geschaffen. Eine präzise Lagebestimmung der Keimscheibe wird dann mittels Optischer Kohärenztomographie nach dem Schlüssellochprinzip, d. h., über eine kleine zylindrische Öffnung in der Eischale durchgeführt [17; 18]. Die eigentliche Geschlechtsdiagnose wird mittels der Fourier-Transform-Infrarot (FTIR)-Spektroskopie vorgenommen. Diese Methode erlaubt die Untersuchung von Proben ohne zusätzliche Marker und kann daher auch für in situ-Analysen eingesetzt werden. Zudem tritt keine Schädigung der Proben auf, da es weder zu einer Erhitzung der Proben noch zu einer Zerstörung der Moleküle kommt. Die FTIR-Spektroskopie kann bei Vögeln erfolgreich für eine Geschlechtsbestimmung genutzt werden und erlaubt auch bereits an Keimscheiben unbebrüteter Eier eine sichere Geschlechtsdiagnose [19; 20]. Ziel der gegenwärtig noch andauernden Untersuchungen ist es nunmehr, die bereits patentierten Verfahren weiter für den Einsatz in Großbrütereien zu entwickeln. Die Analyseschritte müssen letztendlich auch unter Praxisbedingungen eine präzise Geschlechtsdiagnose im Ei ermöglichen, ohne die Schlupfrate sowie die Gesundheit und das Leistungsvermögen der Legehennen negativ zu beeinflussen.

## **Zusammenfassung**

Ausgehend von den derzeitigen rechtlichen Rahmenbedingungen in der Haltung von Puten, Masthähnchen und Legehennen werden Möglichkeiten zur Verbesserung der Haltungsumwelt von Masthähnchen und Puten anhand von Beispielen dargestellt. Die Anreicherung der Haltungsumwelt beispielsweise durch das Anbieten eines Außenklimabereiches oder durch erhöhte Ebenen, bedarfsgerechte Sitzstangen, Strohballen oder Pickblöcke dient dazu, bestehende Defizite im Tierverhalten zu reduzieren und stellt so eine Möglichkeit für die Ausübung artgener Verhaltensweisen dar. Weitere Schwerpunkte befassen sich mit der Beleuchtung im Geflügelbereich, in dem LED-Lampen zukünftig immer mehr an Bedeutung gewinnen werden und dem wichtigen Thema der Geschlechtsbestimmung im Hühnerei als mögliche Alternative zur Vermeidung der Tötung von männlichen Eintagsküken aus Legehennenlinien.

## Literatur

- [ 1] -, -: Tierschutzgesetz. <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/tierschg/gesamt.pdf>, 16.08.2012.
- [ 2] -, -: Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung. <http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/tierschnutztv/gesamt.pdf>, 16.08.2012.
- [ 3] -, -: Vierte Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung vom 01.10.2009, BGBl. I Nr.66 vom 8.10.2009.
- [ 4] -, -: Richtlinie 2007/43/EG Des Rates vom 28. Juni 2007. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:182:0019:0028:DE:PDF>, 16.08.2012.
- [ 5] -, -: Verordnung (EG) Nr. 834/2007 DES Rates vom 28. Juni 2007. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:189:0001:0023:DE:PDF>, 16.08.2012.
- [ 6] -, -: Bundeseinheitliche Eckwerte für eine freiwillige Vereinbarung zur Haltung von Jungmasthühnern (Broiler, Masthähnchen) und Mastputen. BML – 321-3545/2 4157/3659, 23. September 1999. [http://www.kartzfehn.de/fileadmin/Redakteur/Bundeseinheitl. Eckwerte - L3001102TM09.pdf](http://www.kartzfehn.de/fileadmin/Redakteur/Bundeseinheitl._Eckwerte_-_L3001102TM09.pdf), 16.08.2012.
- [ 7] -, -: Richtlinie 1999/74/EG Des Rates vom 19. Juli 1999. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1999:203:0053:0057:DE:PDF>, 16.08.2012.
- [ 8] -, -: Zweite Verordnung zur Änderung der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung vom 1. August 2006. Bundesgesetzblatt Jahrgang 2006 Teil I Nr. 37, ausgegeben zu Bonn am 3. August 2006. [http://www.bgbl.de/Xaver/text.xav?bk=Bundesanzeiger BGBl&start=%2F%2F\\*%5B%40attr\\_id%3D%27bgbl106s1815.pdf%5D&wc=1&skin=WC](http://www.bgbl.de/Xaver/text.xav?bk=Bundesanzeiger_BGBI&start=%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl106s1815.pdf%5D&wc=1&skin=WC), 16.08.2012
- [ 9] -, -: Bundesverfassungsgericht. Beschluss vom 12. Oktober 2010, 2 BvF 1/07, Vorschriften zur Legehennenhaltung verfassungswidrig. <http://www.bundesverfassungsgericht.de/pressemitteilungen/bvg10-111.html>, 16.08.2012.
- [10] Berk, J. and Wartemann, S.: The influence of modified husbandry on health, performance and carcass defects of male turkeys. In: Hafez, M. H. (ed.) Proceedings of the 5th Intern. Symposium on Turkey Diseases, Berlin, Verlag DVG Services (2004) pp.4-10.
- [11] Berk, J. and Kirchner, J.: Effect of stocking density on production and behaviour in tom turkeys – A field trial. In: Hafez, M. H. (ed.) Turkey Production and Health: An update. Proceedings of the 6th Intern. Symposium on turkey production Meeting of the Working Group 10 (Turkey), Berlin, Mensch-Buch-Verlag (2011) pp.233-242.



- [12] Bachmeier, J.: Privathofgeflügel: Tierwohllabel Hähnchen: Entwicklung und Umsetzung in der Praxis. Vortragstagung der Gesellschaft der Förderer und Freunde für Geflügel- und Kleintierforschung e.V., Institut für Tierschutz und Tierhaltung in Celle (2012) S.3-5.
- [13] Steigerwald, K.: Sehleistung des Vogelauges – Perspektiven und Konsequenzen für die Haltung von Zier- und Wirtschaftsgeflügel unter Kunstlichtbedingungen. Dissertation Ludwig-Maximilians-Universität München (2006), [http://edoc.ub.uni-muenchen.de/6793/1/Steigerwald\\_Kristin\\_S.pdf](http://edoc.ub.uni-muenchen.de/6793/1/Steigerwald_Kristin_S.pdf), 16.08.2012.
- [14] Warnking, S. Firma ilox GmbH: Hühner sehen anders: Wie muss man sie richtig beleuchten? Vortragstagung „Die Herausforderungen in den alternativen Haltungssystemen meistern“. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen Haus Düsse (2011) <http://www.landwirtschaftskammer.de/duesse/tierhaltung/gefluegel/berichte/pdfs/2011-05-02-gefluegeltagung-04.pdf>, 16.08.2012.
- [15] Böske, A.: LED-Lampen ersetzen Glühbirnen im Stall: Mehr als 80% Stromspareffekt – aber nur mit der richtigen Dimmtechnik. DGS-Sonderheft Betrieb der Zukunft DGS 14 (2012) S.12-13.
- [16] Bartels T, Fischer B, Krüger P, Koch E, Ryll M, Krautwald-Junghanns M-E.: 3D-Röntgen-Mikrotomographie und Optische Kohärenztomographie als Methoden zur Lagebestimmung des Blastoderms im unbebrüteten Hühnerei. Dtsch Tierärztl Wochenschr. (2008) 115 (5), S. 182-188.
- [17] Burkhardt A, Geißler S, Koch E.: Localization of the germinal disc in ovo for further chicken sexing using optical coherence tomography. Biomed Tech. (2010) 55, S. 1.
- [18] Burkhardt A, Meister S, Bergmann R, Koch E.: Influence of storage on the position of the germinal disc in the fertilized unincubated chicken egg. Poult Sci. (2011) 90, S. 2169-2173.
- [19] Steiner G, Bartels T, Krautwald-Junghanns ME, Boos A, Koch E.: Sexing of turkey poults by Fourier Transform Infrared Spectroscopy. Anal Bioanal Chem. (2010) 396 (1), S. 465-470.
- [20] Steiner G, Bartels T, Stelling A, Krautwald-Junghanns ME, Fuhrmann H, Sablinskas V, Koch E.: Gender determination of fertilized unincubated chicken eggs by infrared spectroscopic imaging. Anal Bioanal Chem. (2011) 400 (9) S. 2775-2782.

---

#### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

##### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Berk, Jutta: Technik in der Geflügelhaltung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-9

##### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043468>

##### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/59.html>

---

## **Möglichkeiten zur Emissionsvermeidung und -verminderung**

Jochen Hahne, Karl-Heinz Krause, Axel Munack, Klaus-Dieter Vorlop,  
Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Institut für Agrartechnologie und Biosystem-  
technik, Braunschweig

### **Kurzfassung**

Die Tierproduktion belastet die Umwelt mit Geruch, Ammoniak, Staub, Keimen und Aerosolen. Emissionsmindernde Maßnahmen sind daher unbestreitbar erforderlich, obschon die Datenerhebung einer Aufarbeitung bedarf. Gleichwohl wird in der Geflügelproduktion durch die Genehmigungsbehörden vorrangig auf Abluftreinigung gesetzt. Die Zeitreihenmessungen in den Ställen lassen kaum kausalanalytische Zusammenhänge beim Emissionsgebaren erkennen. Mit dem Programm DEMAP lassen sich wenigstens die Größenordnungen der Einflussgrößen feststellen, was mit der bloßen Abschätzung der Emissionsfaktoren nach VDI 3894 nicht möglich ist. Hier ist die Landwirtschaft aufgerufen, mit modernen Analyseverfahren Zielfunktionen zur Emissionsminderung und den Einsatz von Filtertechniken auch in Hinblick auf die Verbesserung der Tiergesundheit zu erarbeiten.

### **Schlüsselwörter**

Geflügelhaltung, Ammoniak, Partikel, Emissionsminderung

## **Possibilities for emission prevention and reduction**

Jochen Hahne, Karl-Heinz Krause, Axel Munack, Klaus-Dieter Vorlop,  
Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Institute of Agricultural Technology and  
Biosystems Engineering, Braunschweig

### **Abstract**

The animal production stresses the environment with odor, ammonia, particulate matter, germs and aerosols. Therefore the demand of emission reduction is incontestable, although the available data needs further recondition. Nevertheless approving authorities preferentially focus on exhaust air treatment in poultry production. Time course measurements in stables hardly reveal causally determined correlations in view of emission behavior. At least the dimensions of influences can be assessed with the software "DEMAP". This is not possible with a bare estimation of emission factors on basis of the VDI 3894. With modern analytical methods agriculture is called in this regard to develop target functions for emission reduction and the use of filter techniques, also in terms of an improvement of animal welfare.

### **Keywords**

Poultry keeping, ammonia, particulate matter, emission reduction

## **Nationale Emissionen aus der Geflügelhaltung im Hinblick auf Ammoniak und Partikel**

Die Landwirtschaft verursacht etwa 95 % der nationalen Ammoniak-Emissionen. Dabei sollte man nicht ganz übersehen, dass weder die Datenbasis noch die daraus entwickelten Hochrechnungen als evident zu bezeichnen sind, wenn trotz des Gesetzes über den kostenfreien Zugang zu staatlichen Umweltdaten mit verschlüsselten Daten auf Kreisebene gerechnet wird. Das soll auch nicht bedeuten, dass die Emissionen aus der Landwirtschaft zu verharmlosen sind. Im Gegenteil – die umweltseitigen Auswirkungen sind nicht zu leugnen. Vielmehr soll diese Betrachtungsweise Anstoß geben, aus der Datenerhebung Zielfunktionen zu entwickeln, aus denen sich für die weiteren Vorgehensweisen auf dem Geflügelhaltungssektor Maßnahmen zur Umweltentlastung ableiten lassen.

Seit 2006 sind die Emissionen wieder steigend. Eine Ursache hierfür ist in dem massiven Ausbau der Geflügelhaltung in Deutschland zu sehen. Die Geflügelhaltung in Deutschland ist ein wichtiger Wirtschaftsfaktor. Nach Angaben des Statistischen Bundesamtes [2] ist die Geflügelfleischerzeugung von 822.717 t (2001) auf 1.379.701 t (2010) (+68 %) gestiegen. Der Bestand an Masthähnchen nahm in der Zeit von 2007 bis 2010 um 14 % auf mehr als 67.530.000 Tiere zu. Auch die Zahl der Legehennen ist seit 2009 nach dem zwischenzeitlichen Einbruch wegen des Verbotes der Käfighaltung wieder um 27 % auf 34 Mio. Tiere gestiegen. Der Verbrauch an Geflügelfleisch hat seit 1950 von 1,2 kg je Kopf und Jahr bis 2007/2008 auf 18,8 kg je Kopf und Jahr (+1.567 %) zugenommen [4]. Die Ammoniakemissionen aus der Geflügelhaltung wurden für 2010 auf 68,55 Gg geschätzt [5]. Aufgrund der aktuellen Entwicklung werden die Ammoniakemissionen aus der Geflügelwirtschaft ohne weitergehende Anstrengungen zur Emissionsminderung weiter auf 80,89 Gg/a im Jahr 2020 klettern. Die Emission an Feinstäuben (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) in Deutschland ist im Jahr 2009, verglichen mit dem Bezugsjahr 1990, um 38,4 bzw. 44,5 % zurückgegangen [1]. Der Anteil der Landwirtschaft wird mit ca. 21 % bzw. 6 % angegeben. Während der PM<sub>10</sub>-Anteil aus der Geflügelhaltung für 2010 auf ca. 6 Gg/a geschätzt wurde, dürfte dieser bis 2020 auf 7,9 Gg/a steigen.

## **Zur Verlässlichkeit der Daten**

Angesichts des Ausmaßes der Umweltbelastungen kommt es auf die Genauigkeit der Daten gar nicht mehr an, sondern Handeln ist angesagt. Selbstheilungskräfte im Bereich der Geflügelwirtschaft werden sich nicht durchsetzen, verfolgt man die dargelegten Zahlen aus der Vergangenheit. Man kann nur feststellen, dass auf diesem Sektor vermehrte Anstrengungen und politische Entscheidungen herbeizuführen sind. Diese Argumentation ist einfach und nachvollziehbar. Entscheidungen beziehen sich dabei auf die Emissionswerte  $C_0$  und auch auf die zulässigen Grenzwerte auf der Immissionsseite  $C_{zul}$ .

Jegliche Immissionskonzentration  $C$  bestimmt sich aus der Ausgangskonzentration  $C_0$  und der Verdünnung  $D(U)$  der Stofffreisetzung im atmosphärischen Wind  $U$ :

$$C = C_0 \cdot D$$

Bezieht man die zulässige Grenzwertkonzentration  $C_{zul}$  auf die Ausgangskonzentration  $C_0$ , dann folgt

$$\frac{C_{zul}}{C_0} = D_{zul}$$

Die Genehmigungsfähigkeit einer Tierhaltung richtet sich nun danach, für welchen freigesetzten Stoff die Grenzdilution an welchem Immissionsort unter Beachtung der meteorologischen Windverteilung als letzte unterschritten wird, ob nun durch Geruch, Ammoniak, Staub, Keime, Bioaerosole etc. sei dahingestellt. Da die Ausbreitung der luftgetragenen Stoffe gleich ist, kann man das Umgebungsfeld einer Tierhaltung mit den Isolinien der Dilution  $D$  bestimmen;  $D$  kann dabei von  $D = 1$  (an der Quelle) bis zu  $D = 10^{-10}$  im Umgebungsfeld reichen. Für jeden Stoff lässt sich die für ihn gültige Dilution  $D_{zul}$  verfolgen. Mit einer einzigen Ausbreitungsrechnung kann man sich einen Überblick über die "weitreichende" Wirkung der einzelnen Stoffe verschaffen. Meistens findet man  $D_{zul-Geruch} > D_{zul-Ammoniak} > D_{zul-Staub} > D_{zul-Keime} > D_{zul-Bioaerosole}$ . Zurzeit kann man feststellen, dass Bioaerosole die höchste Quellenkonzentration  $C_0$  aufweisen und aus Unsicherheitsgründen mit einer sehr niedrigen zulässigen Grenzkonzentration  $C_{zul}$  bedacht werden und somit auf eine sehr kleine Grenzdilution  $D_{zul-Bioaerosole}$  führen. Das bedeutet, dass der einzuhaltende Mindestabstand zur Tierhaltung sehr groß wird. Angesichts einer solchen Betrachtungsweise stellt sich die Frage, wonach sich der einzuhaltende Mindestabstand zwischen Tierhaltung und schützenswerten Immissionsorten zu richten hat; hiernach ist der Zusammenhang klar: nach der Verdünnung der Bioaerosole. Damit wird aber die Frage nach der Verlässlichkeit der Daten aufgeworfen.

Hinsichtlich der in der Öffentlichkeit breit und kontrovers diskutierten Emissionen von Bioaerosolen liegen bislang weder Emissionsfaktoren noch umweltmedizinische Bewertungen vor. Allerdings sind Tierhaltungsanlagen wie Masthähnchenställe Quelle von Bioaerosolen. Beispielhafte Untersuchungen zeigen, dass die Emission an Bioaerosolen aus der Masthähnchenhaltung innerhalb der Mastperiode ansteigt und Frachten von bis  $4,95 \cdot 10^8$  Kolonie bildende Einheiten je Großvieheinheit und Sekunde erreicht werden [9]. Unter einer Großvieheinheit wird eine Tiermasse von 500 kg verstanden.

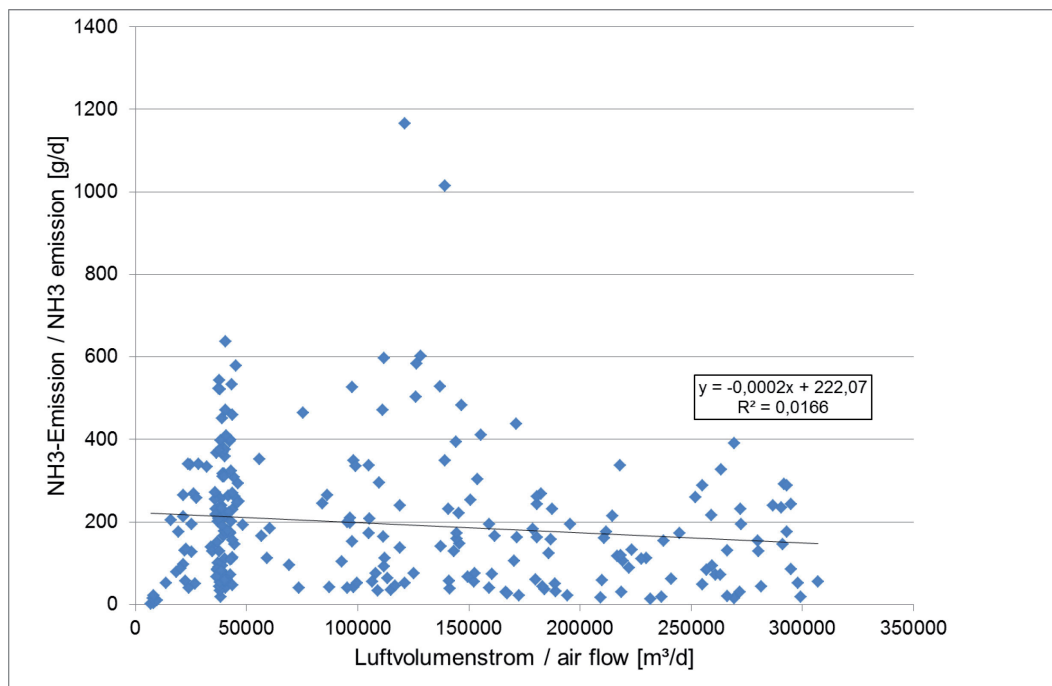
### **Vereinfachende Datennutzung**

Auf der Suche nach Parametern für Staub und Ammoniak hat man begonnen, bekannte Größen aus anderen Industriezweigen in die Landwirtschaft zu übernehmen. Dazu gehören die sog. Emissionsfaktoren. Sie geben auf die Tiermasse oder auf den Tierplatz bezogene spezifische Emissionsmassenströme wieder. In vielen Fällen liegen jedoch nur Konventionswerte vor [6]. Mit anderen Worten, man ist sich nicht sicher, ob die Daten überhaupt zutreffend sind. Das gilt insbesondere für freigelüftete Tierhaltungssysteme, die wie zwangsbelüftete behandelt werden. Dabei darf man allerdings nicht übersehen, dass die stallinternen Emissionen, die den Anfang in der Kausalitätskette über Transmission bis hin zur Immission setzen, entscheidend das Emissionsverhalten prägen. Es mag vielleicht zurzeit noch unerheblich sein, inwiefern mit hohem Energieaufwand Haltungs- und Lüftungsfehler mit ihren Stofffreisetzungen über nachgeschaltete Filter zu korrigieren sind. Als ultima ratio wird dieses Mittel letztlich immer dann einzusetzen sein, wenn sich auf der Haltungs- und Lüftungsseite der Geflügelhaltung kaum Verbesserungen abzeichnen.

Für die Emission von Gesamtstaub aus der Bodenhaltung von Masthähnchen liegen verschiedene Untersuchungsergebnisse vor [7 bis 8]. Während die VDI-Richtlinie einen Konventionswert von 30 Gramm je Tierplatz und Jahr (g/TP a) angibt, bewegen sich die Untersuchungsergebnisse zwischen 34 – 38 g/(TP a) [8] und 16 – 43 g/(TP a) [7]. Diese beispielhaft angeführten Daten zeigen, mit welchen Unsicherheiten bei der Interpretation von Emissionsfaktoren zu rechnen ist.

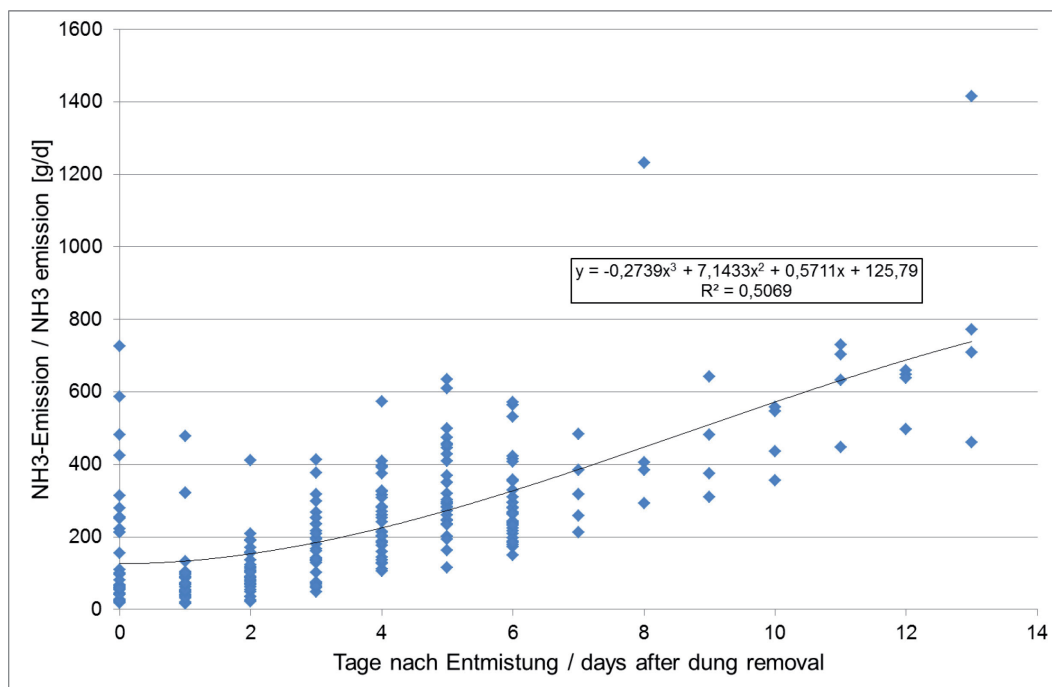
### **Einflussgrößen und Minderungsmaßnahmen**

**Bild 1** stellt das Ergebnis eigener Untersuchungen an einem Legehennenstall dar. Sie ergaben, dass der Volumenstrom nur einen geringen Zusammenhang mit den Ammoniakemissionen aus dem Stall aufweist. Tendenziell sanken die täglichen Ammoniakemissionen geringfügig mit steigenden Volumenströmen, was möglicherweise auf die schnellere Trocknung des Kotes zurückzuführen ist. Einen stärkeren Einfluss auf die Ammoniakemissionen weisen hingegen die Entmistungsintervalle auf [9], **Bild 2**.



**Bild 1:** Zusammenhang zwischen Ammoniakemission und Luftvolumenstrom bei einer Legehennenhaltung mit Kotbandentmistung.

**Figure 1:** Correlation between ammonia emissions and air flow rate in a chicken house equipped with a dung removal belt.



**Bild 2:** Zusammenhang zwischen Entmistungsintervall und Ammoniakemission in einer Legehennenhaltung mit Kotbandentmistung.

**Figure 2:** Correlation between dung removal interval and ammonia emission in a chicken house equipped with dung removal belt

Damit lässt sich sagen, dass die Verkürzung der Entmistungsintervalle eine wirksame Maßnahme zur Minderung von Ammoniakemissionen darstellt. Auf die Staubemissionen hat das Entmistungsintervall hingegen kaum Einfluss. Vielmehr werden die Staubemissionen bei dem betrachteten Haltungsverfahren maßgeblich durch den Volumenstrom und besondere Ereignisse wie Milbenbekämpfungsmaßnahmen mit Kieselgur-Produkten bestimmt.

### Aufdeckung weitergehender physikalischer Zusammenhänge

Die Untersuchung eines physikalischen Phänomens erfordert im Allgemeinen die Messung oder Berechnung einer physikalischen Größe in Abhängigkeit von anderen physikalischen Größen. Mit Hilfe der sog. Dimensionsanalyse kann man in der Regel die Anzahl der Variablen reduzieren. Jede physikalische Beziehung lässt sich als mathematische Funktion zwischen dimensionslosen Produkten aus physikalischen Größen darstellen. Die wichtigsten Größen bei der Stallsimulation sind die Tiermasse  $M_T$ , das Stallvolumen  $V$ , der Volumenstrom  $\dot{V}$ , die Quellenkonzentration  $C_0$ , die Luftwechselrate  $N = \dot{V}/V$  und die Produktionsrate  $K = k/V$ .  $k$  gibt z.B. beim Ammoniak die Produktionsrate an, ausgedrückt durch das Produkt Emissionsfläche multipliziert mit der Austrittsgeschwindigkeit an Ammoniak.

Danach bestimmt sich der Emissionsmassenstrom eines Stoffes  $\dot{M}$  zu

$$\dot{M} = M_T \cdot N \cdot e^{A+BN/K}$$



Die Konstanten A und B hängen von der Stoffart und der Tierhaltung ab. Hier sind die Ergebnisse aus einer Vielzahl von Untersuchungen an Stallanlagen eingeflossen. Das Verhältnis N/K kann u.a. über das Konzentrationsverhältnis C am Auslass und Boden bestimmt werden.

$$\frac{N}{K} = \frac{C_0}{C_{\text{Boden}} - 1}$$

Diese Vorgehensweise ist u.a. im vorläufigen Endbericht zum Forschungsvorhaben über Geruchsemissionen und -immissionen aus der Tierhaltung - Beurteilungsgrundlagen und Ableitung von Emissionsminderungsmaßnahmen - September 2002 - an das seinerzeitige BMVEL dargelegt worden. Mit dem vorstehenden Ansatz wurde eine Modellvorstellung entwickelt, die beliebig erweitert und verfeinert werden kann. Sie kann für Zwangs- und freie Lüftungen gleichermaßen herangezogen werden. Sie wird als Emissionsmodell DEMAP bei Ausbreitungssimulation verwendet [10 bis 11]. Der Volumenstrom, der Frischluft durch den Stall führt, wird entweder vom Wind induziert oder durch mechanische Ventilation vorgegeben. In beiden Fällen bewirkt er ein turbulentes Stoffaustauschverhalten im Stall.

Zur Bestimmung des Massenstromes müssen pro Stall die Tiermasse  $M_T$ , der Volumenstrom  $\dot{V}$  als zeitabhängige Größe (d.h. hier in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit), das Stallvolumen V und die Produktionsrate K bekannt sein. Durch Integration des Ausdrucks für den Massenstrom über die Zeit eines Jahres lässt sich ein mittlerer Emissionsmassenstrom bestimmen. Nimmt man Bezug auf die Tiermasse, dann erhält man den schon zuvor erwähnten Emissionsfaktor.

### **Zusammenfassung**

Einzelmessungen können bisweilen wohl zur Orientierung dienen, sie können aber auch der Anfang einer Serie von Messungen sein, die zu einer Beschreibung eines systemanalytischen Verhaltens einer Stallanlage führen. Aus dieser lässt sich belegen, welchen Einfluss bestimmte Maßnahmen haben. In dem hier aufgezeigten Beispiel sind das Wachstum der Tiere und das variable Emissionsverhalten im Bodenbereich abschnittsweise einzubeziehen.

## **Literatur**

- [ 1] Umweltbundesamt: Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen, Emissionsentwicklung 1990-2009 (Endstand 15.4.2011), [www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm](http://www.umweltbundesamt.de/emissionen/publikationen.htm), Zugriff am 02.05.2012
- [ 2] Statistisches Bundesamt (2011): Fachserie 3, Reihe 4.2.3: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, Geflügel 2010, Wiesbaden
- [ 3] Statistisches Bundesamt: Pressemitteilung vom 23. Februar 2012 – 62/12: Legehennenbestand im Jahr 2011 deutlich gestiegen, [http://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2012/02/PD12\\_062\\_413.html](http://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2012/02/PD12_062_413.html), Zugriff am 21.3.2012
- [ 4] Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (2012): Zeitreihe Pro-Kopf-Verbrauch ausgewählter Nahrungsmittel seit 1935, [www.bmelv-statistik.de](http://www.bmelv-statistik.de), Zugriff am 21.3.2012
- [ 5] Dämmgen, U. et al. (2007): Strategien zur Verminderung der Feinstaubbelastung, UFO-Plan-Vorhaben 206 43 200/01
- [ 6] VDI (Hrsg.): Emissionen und Immissionen aus Tierhaltungsanlagen, Haltungsverfahren und Emissionen Schweine, Rinder, Geflügel, Pferde. VDI3984 Blatt 1, Düsseldorf 2011
- [ 7] Hinz, T.: Messung luftgetragener Partikel in und aus der Geflügelhaltung. Landtechnik 60 (2005), Heft 2, S. 100 - 101
- [ 8] Gärtner, A.; Gessner, A.: Ermittlung der Gesamtstaubemissionen und der Feinstaubanteile PM10 und PM2,5 aus Hähnchenmastanlagen. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 71 (2011), Nr. 9, S. 357 - 361
- [ 9] Gärtner, A.; Gessner, A.; Martin, E.; Jäkel, U.: Emissionsmessungen von Mikroorganismen aus Hähnchenmastanlagen. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 71 (2011), Nr. 9, S. 362 - 366
- [10] Krause, K.-H.; Hinz, T.; Linke, S.: Messung der Ammoniakemission und Bestimmung des Emissionsfaktors in der Tierproduktion. Teil 1: Legehennenstall als Beispiel eines zwangsgelüfteten Systems. Landtechnik 4, 2011, S. 337-341.
- [11] Krause, K.-H.; Hinz, T.; Linke, S.; Retz, S.: Messung der Ammoniakemission und Bestimmung des Emissionsfaktors in der Tierproduktion. Teil 2: Geplanter Boxenlaufstall als Beispiel eines frei gelüfteten Systems. Landtechnik 6, 2011, S. 473-476.
- [12] Krause, K.-H.; Linke, S.: Messung der Ammoniakemission und Bestimmung des Emissionsfaktors in Tierproduktion. Teil 3: Anwendung des Emissionsmodells DEMAP bei Ausbreitungsrechnungen in frei gelüfteten Ställen. Landtechnik 1, 2012, S. 73-76.

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Wissenschaftliches Review / Scientific Review**

Erfolgreiches Review am 23.10.2012

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Hahne, Jochen; Krause, Karl-Heinz; Munack, Axel; Vorlop, Klaus-Dieter: Möglichkeiten zur Emissionsvermeidung und -verminderung. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-8

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043472>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/107.html>

## **Energietechnik (Alternative Energien)**

Josef Boxberger, Andreas Gronauer, Gerhard Moitzi,  
Institut für Landtechnik, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für  
Bodenkultur, Wien

### **Kurzfassung**

Die agrarische Produktion beruht auf den Einsatz des begrenzten Faktors technischer Energie, woraus sich die geforderte Energie - und Kraftstoffeffizienz ableitet. Der technische Fortschritt und dem wachsenden Bewusstsein Energie zu sparen sind Triebfedern die Energieeffizienz in der agrarischen Produktion zu verbessern. Der Einsatz von alternativen Energieträgern wie Pflanzenkraftstoffe und Biogas aus der kaskadischen Nutzung stellt einen bedeutenden Beitrag um die Abhängigkeit von fossiler Energie im Landwirtschaftssektor zu mindern.

### **Schlüsselwörter**

Energieeffizienz, Kraftstoffeffizienz, Biokraftstoffe, Biogas

## **Energy management (Renewable Energies)**

Josef Boxberger, Andreas Gronauer, Gerhard Moitzi,  
Institut für Landtechnik, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Universität für  
Bodenkultur, Wien

### **Abstract**

Agricultural production is based on the use of the limited factor technical energy, which leads to the necessity of energy- and fuel efficiency. The technical progress and the increased awareness of saving energy are important promoters to improve the energy efficiency in agricultural production. The application of alternative energy carriers like plant-based fuels (biofuel) and biogas from multipurpose utilisation is a significant contribution to mitigate the dependence from fossil energy in agriculture sector.

### **Keywords**

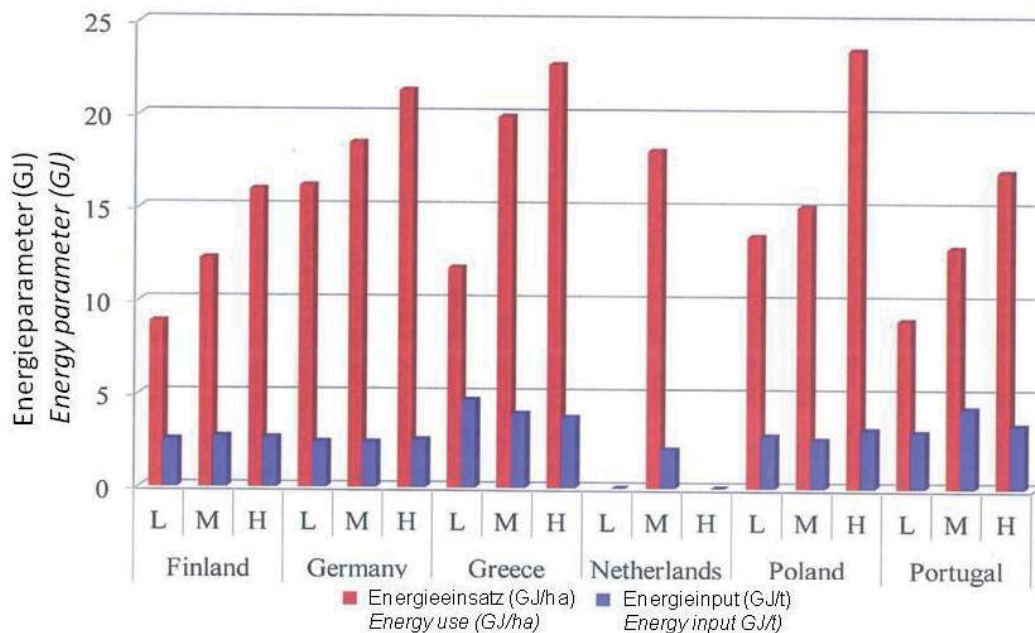
Energy efficiency, fuel efficiency, biofuel, biogas

Prognosen einer rückläufigen Rohölförderung (IEA, 2012, Bölkow-Stiftung 2012), internationale und nationale Ziele des Klimaschutzes (IPCC, EU-Klimaschutzziele, BMU 2010) und ein weltweit steigender Versorgungsanspruch für Lebensmittel stellen gleichgerichtete Forderungen an die Produktion von Rohstoffen des Pflanzenbaus. War zunächst die Stimmung gegenüber der Nutzung von Biomasse für die Energiegewinnung durchaus positiv, so hat sich im Laufe der Zeit ein kontroverser gesellschaftlicher Konflikt entwickelt, der schon vor Jahren eine ethische Diskussion ausgelöst hat. Ein erster Höhepunkt dieser Diskussion ergab sich aus der Situation, dass der Getreidepreis schon vor dem Jahr 2000 unter den Brennstoffpreis sank und der Wunsch aufkeimte, Getreide als Brennstoff einzusetzen.

In einer im letzten Jahr erschienenen Studie wurde neuerdings der Versuch unternommen, ein sozialetisches Diskussionsmodell für die Nutzung von Energie aus Biomasse zu entwickeln. Auf der Basis von Fallbeispielen entstand so eine bewertende Matrix nach den ethischen Prinzipien Wohlergehen, Autonomie und Gerechtigkeit für die Betroffenen (Landwirte, Verwerter, Energiekonsument, Nahrungsmittelkonsumenten, zukünftige Generationen usw.) [16].

### **Energie- und Kraftstoffeffizienz**

Für einen landwirtschaftlichen Betrieb ist sowohl ein hoher Energieinput als auch ein unnötig verminderter Energiesaldo wirtschaftlich und ökologisch unerwünscht. Sie bewirken zum einen eine vermehrte CO<sub>2</sub>-Emission aus fossilen Energieträgern und zum anderen eine unzureichende Faktoreffizienz infolge energetisch ungünstiger Verfahrensabläufe. Angesichts der Energiepreise gewinnt der Energieeinsatz bzw. die Energieeffizienz in der Landwirtschaft mehr an Bedeutung. Das EU-Projekt "Agriculture and Energy Efficiency" (AGREE; [www.agree.aua.gr](http://www.agree.aua.gr)) untersucht in einem integrierten Ansatz den Energieeinsatz von landwirtschaftlichen Erzeugnissen unter spezieller Berücksichtigung des "Trade-offs" zwischen Energieeffizienz, Ökonomie und Ökologie. Erste Ergebnisse zeigen, dass der flächen- und produktbezogene Energieaufwand in der Weizenproduktion zwischen den untersuchten Ländern (FI, DE, GR, NL, PL, ES) je Bewirtschaftungsintensität schwanken (**Bild 1**).



**Bild 1:** Energieeinsatz und -input in der Weizenproduktion bei drei Produktionsszenarien (L, M, H - geringer, mittlerer, hoher Energieeinsatz) [1].

**Figure 1:** Energy use and input of wheat production in three production scenarios (L, M, H - Low, Medium, High energy input [1].

Dabei nimmt der indirekte Energieeinsatz über den mineralischen N-Dünger den größten Beitrag ein. Die ökonomischen und ökologischen Auswirkungen der Maßnahmen wie teilflächenspezifische Düngung "Precision Farming", verringerte N-Düngung oder Optimierung der Trocknungstechnik (z.B. thermische Isolierung, Integration von Wärmepumpen zur Nutzung der Restwärme) zur Steigerung der Energieeffizienz in der Weizenproduktion wurden in [9] untersucht.

Um den Einsatz des Energieträgers Dieselkraftstoff in der Landwirtschaft zu reduzieren, werden kurzfristige, mittelfristige und langfristige Maßnahmen verfolgt. Gerade bei den kurzfristigen Maßnahmen, die keiner unmittelbaren Investition bedürfen, liegen große Einsparungspotenziale, die durch den Fahrer aktiv beeinflusst werden können. Durch gezielte Schulung der Fahrer kann dieses Potenzial realisiert werden [12].

Die Bodenbearbeitung stellt eine energieintensive Maßnahme dar, bei der pro 1 cm Bearbeitungstiefe 100 m<sup>3</sup>/ha bzw. 150 t Boden/ha bewegt werden. Langjährige Untersuchungen (17 Jahre) aus Kanada [8] haben nachgewiesen, dass eine mehrjährige organische Düngung mit Stallmist bzw. Rottemist im Vergleich zur mineralischen Düngung den Zugkraftbedarf und somit auch den Kraftstoffbedarf beim Pflügen um bis zu 35 % verringerte. Zahlreiche technische Maßnahmen (Reifendruckregelanlagen, richtige Ballastierung, etc.) stehen zur Verfügung um die Energieumwandlung bei der Bodenbearbeitung zu erhöhen. Untersuchungen beim Pflügen mit Traktionsverstärkung zeigen, dass der Kraftstoffeinsatz um 10% vermindert werden kann [10].

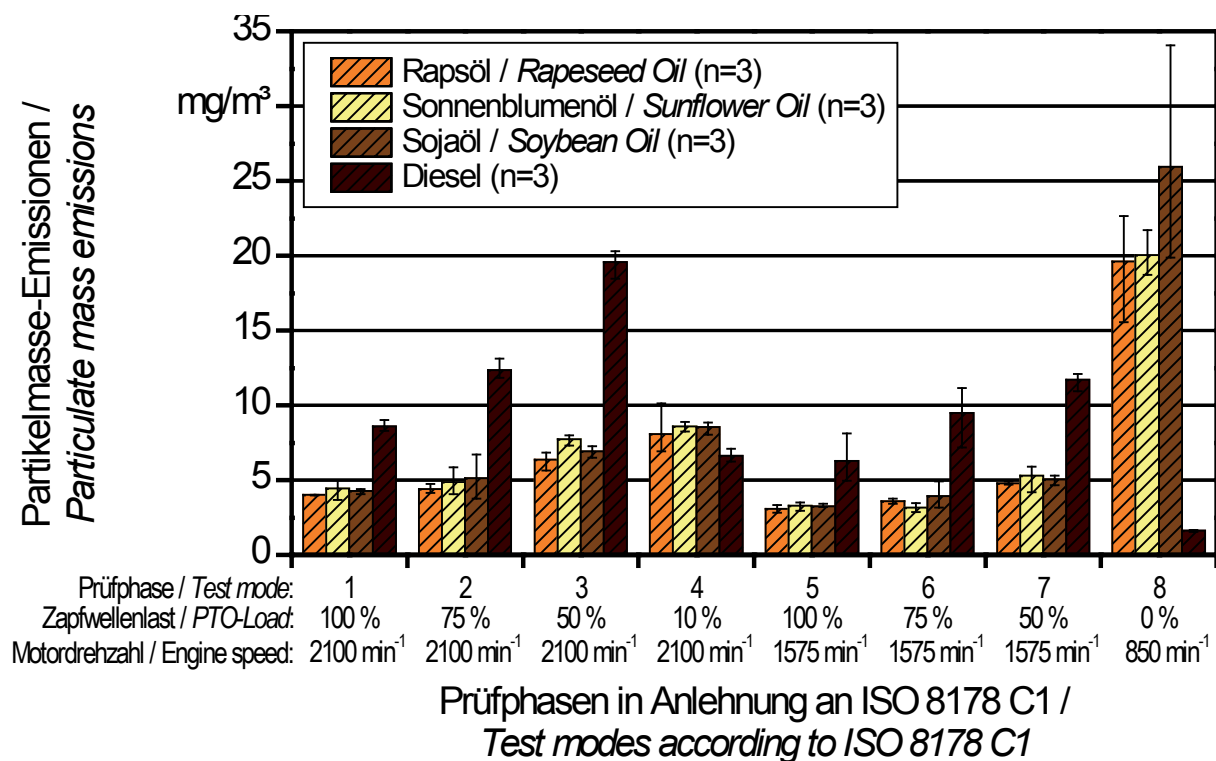


In der Bodenbearbeitung setzt sich der Trend zur pfluglosen Bewirtschaftung fort, bei dem Kraftstoffeinsparungen bis zu 80 % (Direktsaat) realisiert werden können. Eine Alternative zu den Mulch- und Direktsaatsysteme sind die zur Zeit untersuchten Strip-Tillage-Systeme bei Zuckerrübe, Raps und Mais [4, 6], bei denen Kraftstoffeinsparungen von 55 % erreicht werden können [6].

### Biokraftstoffe

Seit 2008 bieten führende Traktorenhersteller Traktoren mit serienmäßigen Rapsölmotoren an (siehe auch Jahrbuch Agrartechnik 2009). Um die Rohstoffbasis zu erweitern, wäre es wünschenswert, neben Rapsöl auch andere Pflanzenöle einzusetzen. Da die Auswirkungen anderer Pflanzenöle hinsichtlich des Abgasverhaltens weitgehend unbekannt sind, wurde in einem Forschungsprojekt der Ausstoß von Abgasen bei Verwendung von Dieseldieselkraftstoff, Rapsöl, Sonnenblumenöl und Sojaöl untersucht [14].

Die eingesetzten Traktoren zeigten mit den Pflanzenölkraftstoffen (DIN SPEC 51623) einen signifikant geringeren Ausstoß an Kohlenwasserstoffen und Feinstaub. Bei Sonnenblumenöl und Sojaöl ergab sich ein ähnliches Emissionsverhalten wie bei Rapsöl (**Bild 2**). Zur Nutzung dieser erweiterten Rohstoffbasis sind jedoch noch weitere Untersuchungen über die Langzeit-Auswirkungen auf die Motoren erforderlich.



**Bild 2:** Partikelmasse-Emissionen eines pflanzenöлтаuglichen Traktors für alle acht Prüfphasen bei Verwendung von Rapsöl, Sonnenblumenöl, Sojaöl und Diesel [14].

**Figure 2:** Particulate mass-emissions of a plant oil compatible tractor for each of the eight test modes during operation with rapeseed oil, sunflower oil, soybean oil and diesel [14].

## **Biogas**

Unter den eingangs erwähnten Bedingungen ist längerfristig davon auszugehen, dass sich das Verfahren der Biogasproduktion zunehmend von der Nutzung nachwachsender Rohstoffe auf sekundäre Rohstoffe verlagern wird bzw. am Ende einer Nutzungskaskade, bzw. Bioraffinerie stehen wird. Gleichzeitig gilt es die Verfahrenstechnik weiterzuentwickeln und die Ressourceneffizienz zu steigern. Verfahrenstechnisch nehmen diese Herausforderungen ihren Ausgangspunkt in der Produktion pflanzlicher Rohstoffe [3], deren Aufbereitung und Konservierung, gefolgt von Maßnahmen zur Intensivierung des mikrobiologischen Prozesses, seiner Überwachung, Ansätzen zur Prozessregelung, effizienten Gasnutzung sowie verbesserten Sicherheitstechnik und Umweltschutzmaßnahmen. In allen Bereichen hat es in den letzten Jahren technische Fortschritte auf der Basis von Entwicklungen und Forschungsaktivitäten gegeben.

### *Erschließung lignozellulosehaltiger Ausgangsmaterialien und Grünlandaufwuchs*

Wie erwartet hat in Deutschland die Vorgabe, dass das Gärsubstrat 150 Tage im gasdichten Fermentersystem verweilen muss (VDI-Richtlinie 3475) dazu geführt, dass technologische Entwicklungen der Substrataufbereitung in Deutschland rückläufig sind. Dennoch zeigen diverse internationale Veröffentlichungen, dass gerade in diesem Feld hohe Potenziale liegen, die Effizienz der Substratverwertung entscheidend zu verbessern. Neuere Untersuchungen zeigen, dass bei Einsatz von Silagen und Verweilzeiten von über 100 Tagen bei Raumbelastungen unter 1,5 kg oTS/m<sup>3</sup>\*d (im gesamten, gasdicht abgedeckten Raum) deutlich verminderte Restgaspotentialmengen erreicht werden. Beim Einsatz von leicht abbaubaren Substraten, wie z.B. Rüben, oder wenn die biologische Abbaubarkeit der Substrate durch Aufbereitungstechnologien erhöht wird, ist von einer drastischen Verkürzung der nötigen Verweilzeiten auszugehen, vorausgesetzt die Biogasproduktion erfolgt unter stabilen Prozessbedingungen. Dies zeigt z.B. der Einsatz von Stroh, generell arm an leicht abbaubaren Bestandteilen wie z.B. Proteinen und reich an Strukturkohlehydraten wie Cellulose und Hemicellulose. Da diese jedoch zusammen mit Lignin im sogenannten Lignocellulosekomplex verbunden sind, müssen sie erst für die Mikroorganismen im Fermenter verfügbar gemacht werden [13, 11].

Aufgrund der Verpflichtung zur Erhaltung des Dauergrünlandes und rückläufigen Tierzahlen im Bereich der Rindermast und beim Milchvieh wird die Nutzung von Grünland zur Biogaserzeugung künftig an Bedeutung gewinnen. Eine aktuelle Übersicht geben [15]. Die Verwendung von Gras im fermentativen Prozess stellt hohe und vor allem andere Ansprüche an die Anlagentechnik, wie die reine Maisverwertung. Die wichtigste Voraussetzung ist die mechanische Zerkleinerung des Grases vor dem Zufügen in die Biogasanlage. Die Halmlänge sollte so kurz wie möglich sein.

### *Anlagensicherheit bei Biogasanlagen*

Der sprunghafte Anstieg der Unfallzahlen ist auf eine erhöhte Bautätigkeit (Neuzulassung und Erweiterung von Anlagen) zurückzuführen. Ein zweiter wichtiger Aspekt sind die Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten. Allein im Jahr 2009 ereigneten sich in Deutschland

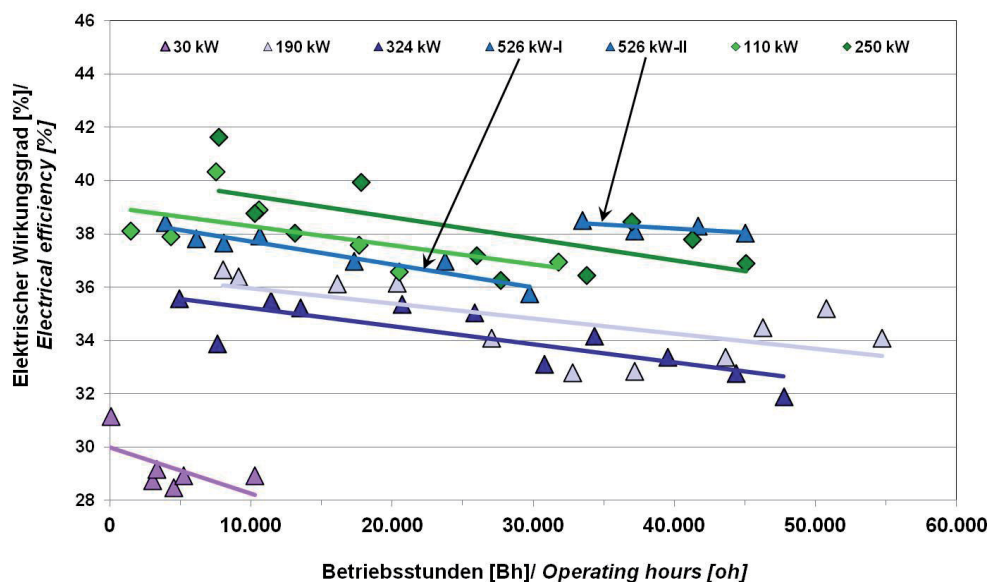
52 % der Unfälle im Bereich von Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten. Wesentliche Ursachen liegen in folgenden Bereichen:

- Austausch von defekten Rührwerken bzw. Teilen davon.
- Verschleiß von Fütterungs- und Einbringtechnik.
- Probleme mit der Heizleistung.
- Zunehmende Sedimentierung d. h. absetzen von Sand, Kies und Steinen, die zu Lasten des Faulraumes gehen.
- Leckagen an Bullaugen, Überdrucksicherungen, Gasspeichersystemen, etc.

Für die Praxis als erschwerend muss die unübersichtliche Rechts-/Verordnungslage gewertet werden. Derzeit sind ca. 30 relevante gesetzliche technische Regeln wie TRBS, BGVs, etc. und mindestens 50 untergeordnete technische Richtlinien (DIN, DVGW, DWA, VDI, ...) zu beachten.

### *Effiziente Stromerzeugung mit BHKW*

Da einerseits der elektrische Wirkungsgrad der BHKW einen starken Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit hat und andererseits dieser eventuell nicht auf dem Niveau der prüfstandsermittelten Herstellerangaben liegt und sich zudem im Verlauf der Betriebszeit reduziert, sind Erkenntnisse über den Wirkungsgradverlauf und Maßnahmen zur Verbesserung des Wirkungsgrades für die Betreiber von besonderer Bedeutung. In Langzeituntersuchungen wurde die Entwicklung des Wirkungsgrades an unterschiedlichen BHKW erfasst [2].



**Bild 3:** Entwicklung des elektrischen Wirkungsgrades unterschiedlicher BHKW über die Betriebsdauer [2].

**Figure 3:** Course of the electric efficiency of different CHPU [2].

Die Untersuchungen haben ergeben, dass der elektrische Wirkungsgrad während der Betriebsdauer um 2,7 bis 4,7 % absinkt. Eine sorgfältige Wartung wirkt dem Absinken des Wirkungsgrades ebenso entgegen wie eine Generalüberholung. Den besten Effekt erzielen diese Maßnahmen, wenn sie vom BHKW-Hersteller durchgeführt wurden.

Im Gegensatz zu anderen Möglichkeiten der Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen bietet die Nutzung von Biogas den Vorteil, zeitlich unabhängig von Sonne, Wind und anderen direkten Umwelteinflüssen zu sein. Allerdings liefert derzeit ein Großteil der bestehenden Biogasanlagen nur eine nahezu konstante Grundlastenergie. Die Anpassung der Biogasproduktion an wechselnde Lastgänge bzw. Bedarfsszenarien ist jedoch auf verschiedene Weise denkbar. Im Zusammenspiel der erneuerbaren Energieträger stellt sich zunehmend heraus, dass im Gegensatz zur solaren und aeolischen Energiegewinnung die Rolle der Biomasse und insbesondere des Biogasverfahrens als Systemdienstleister in Stromnetzen Regel- bzw. Spitzenlasten abdecken kann [7].

Vor diesem Hintergrund gilt es Technologien sowohl für die Biogaserzeugung als auch Speicherung, Aufbereitung und Einspeisung in das Erdgasnetz adäquat weiter zu entwickeln. So gibt [5] an, dass in 2011 die Anzahl der Gasaufbereitungs- und einspeiseanlagen in Deutschland von ca. 50 auf über 120 mehr als verdoppelt hat. Die mit diesen Technologien verbundenen Herausforderungen greifen weit über den Bereich der Agrartechnik in die Energietechnik hinaus, sollten aber zukünftig vermehrt im interdisziplinären Verbund bearbeitet werden, da sie in der landwirtschaftlichen Praxis bereits präsent geworden sind.

### **Zusammenfassung**

Der Energieeinsatz und die Bereitstellung von Energie aus der Landwirtschaft befindet sich aufgrund der steigenden Energiepreise in einem Wandel. Der technische Fortschritt und dem wachsenden Bewusstsein Energie zu sparen sind Triebfedern die Energieeffizienz in der agrarischen Produktion zu verbessern. Alternative Energieträger wie Pflanzenkraftstoffe und Biogas aus der kaskadischen Nutzung stellen einen bedeutenden Beitrag um die Unabhängigkeit von fossiler Energie in der Landwirtschaft zu erhöhen.

## **Literatur**

- [1] AGREE (2012): Agriculture and Energy Efficiency - AGREE. 2nd Project Newsletter. May 2012.
- [2] Aschmann, V., Effenberger, M. (2012): Elektrische Wirkungsgrade von biogasbetriebenen BHKW. Landtechnik 67 Jhrg. H. 2, S. 118-121.
- [3] Bauer, A., Leonhartsberger, C., Bosch, P., Amon, B., Friedl, A., Amon T. (2010): Analysis of methane yields from energy crops and agricultural by- products and estimation of energy potential from sustainable crop rotation systems in EU-27. Clean Technologies and Environmental Policy, 12, 153-161.
- [4] Demmel, M., Brandhuber, R. Kirchmeier, H. (2012): Strip Tillage for corn and sugar beet – results of a three year investigation on three locations. In: CIGR-AgEng, "Agriculture & Engineering for a Healthier Life" International Conference of Agricultural Engineering. CIGR-AgEng 2012, Valencia, Spain.
- [5] Grope, J., (2012): Biomethanbereitstellung, -verteilung und -nutzung in Deutschland - Ergebnisse zweier Marktmonitoring. Fachverband Biogas e.V., Tagungsband 2012, S. 195 – 203.
- [6] Hermann, W.: Strip-Till: Streifenlockerung bei Zuckerrüben, Raps und Mais - Alternative zur Mulch- und Direktsaat. In: LOP Landwirtschaft ohne Pflug, Heft 7, 2008, S. 31-34.
- [7] Holzhammer, U., Hochloff, P. (2011): Steuerbare und bedarfsorientierte Stromerzeugung aus Biogas und Biomethan, 6. VDI Fachtagung Biogas – Energieträger der Zukunft, Braunschweig, 8. und 9. Juni 2011.
- [8] McLaughlin, N., Liang, A., Ma, B.L., Gregorich, E., Morrison, M., Burt, S., Patterson, S., Evenson, L. (2012): Effect of organic and inorganic nitrogen amendments and crop rotation in tillage energy in a clay loam soil. In: CIGR- AgEng, "Agriculture & Engineering for a Healthier Life" International Conference of Agricultural Engineering. CIGR-AgEng 2012, Valencia, Spain
- [9] Meyer-Aurich, A., Ziegler, T., Jubaer, H., Scholz, L., Dalgaard, T. (2012): Implications of energy efficiency measures in wheat production. In: CIGR-AgEng, "Agriculture & Engineering for a Healthier Life" International Conference of Agricultural Engineering. CIGR-AgEng 2012, Valencia, Spain.
- [10] Moitzi, G., Haas, M., Wagentristl, H., Boxberger, J. & Gronauer, A. (2012): Specific Energy consumption and field performance in ploughing and cultivating with consideration on traction improvement. In: CIGR-AgEng, "Agriculture & Engineering for a Healthier Life" International Conference of Agricultural Engineering. CIGR-AgEng 2012, Valencia, Spain.
- [11] Pereira Ramos, L (2003): The chemistry involved in the steam treatment of lignocellulosic materials. Quimica Nova, 26, 863-871.

- [12] Schrottmaier, J., Handler, F., Nadlinger, M., Wiederkehr, P., Miglbauer, H., Pickl, N., Krutak, R. (2009): Spritsparen mit Traktoren. Trainerhandbuch. Hrsg. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Wien.
- [13] Schwarz, W. H. (2001). The cellulosome and cellulose degradation by anaerobic bacteria. Applied Microbiology and Biotechnology, 56, 634-649.
- [14] Thuneke, K., Emberger, P., T. Gassner, T., Remmele, E. (2011): Emission Behaviour of New Tractors with Different Vegetable Oils. In: Efficient and safe production processes in sustainable agriculture and forestry. XXXIV CIOSTA CIGR V Conference 2011 29 June -1 July 2011 Vienna – Austria University of Natural Resources and Life Sciences.
- [15] Thurner, S., Fröhner, A., Demmel, M., Kohler, B. (2011): Verfahrenstechnik für die Grassilageerzeugung – Überblick, Vergleich und Optimierungsmöglichkeiten. Fachverband Biogas e.V., Tagungsband 2011.
- [16] Zichy, M., Dürnberger, C., Formowitz, B., Uhl, A. (2011): Energie aus Biomasse – ein ethisches Diskussionsmodell. Viehweg und Teubner Verlag Springer Fachmedien Wiesbaden.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Boxberger, Josef; Gronauer, Andreas; Moitzi, Gerhard: Energietechnik (Alternative Energien). In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-9

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043473>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/108.html>



## **Agrartechnik in Tropen und Subtropen**

Joachim Müller,  
Institut für Agrartechnik, Universität Hohenheim

### **Kurzfassung**

Wasser und Energie zählen zu den natürlichen Ressourcen, welche durch steigende Nutzungsintensität zunehmend knapper werden. Durch die Entwicklung von wassersparenden Steuerungssystemen für die Bewässerung sowie von dezentralen Energieversorgungssystemen auf der Basis der Biogasproduktion leistet die Agrartechnik einen wichtigen Beitrag zum Ressourcenschutz in Entwicklungsländern. Darüber hinaus werden durch die Verbesserung der Nacherntetechnologie und der damit verbundenen Wertsteigerung zusätzliche Einkommensquellen für Kleinbauern erschlossen.

### **Schlüsselwörter**

Bewässerungssteuerung, Thermographie, Biogas, Fruchttrocknung, Laserstreuung

## **Agricultural Engineering in Tropics and Subtropics**

Joachim Müller,  
Institute of Agricultural Engineering, Universität Hohenheim

### **Abstract**

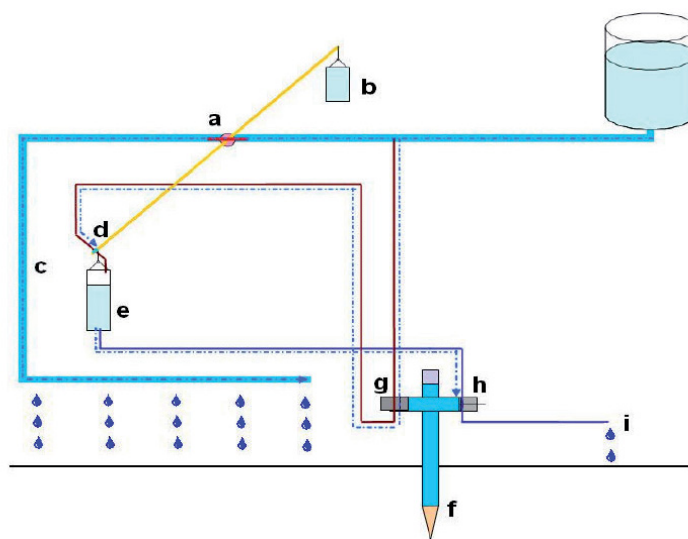
Water and energy are natural resources that are running short more and more due to increasing intensity of utilization. By developing water saving irrigation control systems and de-centralized energy provision systems agricultural engineering contributes essentially to resource protection in developing countries. Furthermore, additional income is generated for small-holders by improvement of postharvest technology and combined value adding.

### **Keywords**

Irrigation control, thermography, biogas, drying of fruit, laser scattering

## Bewässerung

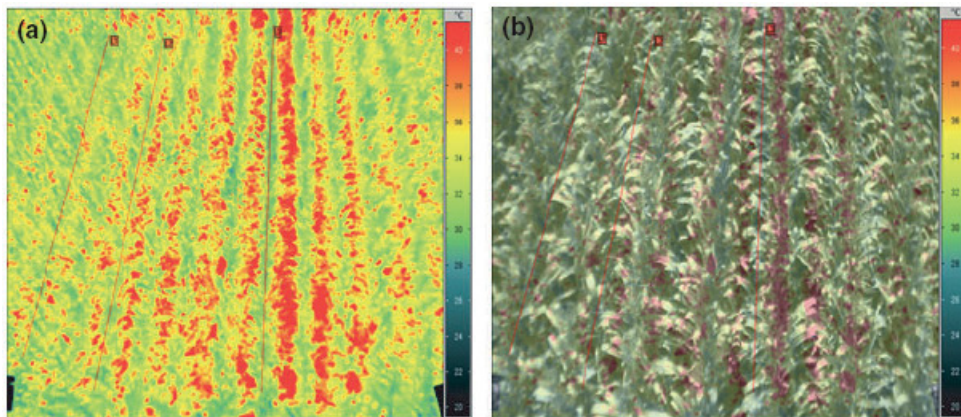
Die Agrartechnik kann im Bereich der Bewässerung auf unterschiedliche Arten zur Einsparung von Wasser beitragen. Zum einen kann durch Weiterentwicklung der Bewässerungstechnologie die Wasserverteilung auf dem Feld präziser erfolgen, wodurch Wasserverluste durch Luxuswassergaben vermieden werden [1]. Zum anderen kann durch eine Verbesserung der Wasserbedarfsbestimmung die Applikationsmenge genauer angepasst werden. Hierbei stellt der Wassergehalt des Bodens eine vielfach verwendete Regelgröße dar, wobei der Bodenwassergehalt auf unterschiedliche Weise gemessen werden kann. Entscheidend ist hier weniger der absolute Wassergehalt als vielmehr die Pflanzenverfügbarkeit. Deshalb ist eine Messung der Saugspannung mittels Tensiometer zu bevorzugen, da diese Saugspannung auch von der Pflanzenwurzel aufgebracht werden muss, um dem Boden Wasser zu entziehen. Diesem Konzept folgend wurde basierend auf einem Tensiometer ein kostengünstiges, rein mechanisches System zur Bewässerungsregelung entwickelt [2]. Der im Tensiometer bei Austrocknung entstehende Unterdruck wird genutzt, um ein Hilfsventil zu öffnen und damit einen kleinen Wasserbehälter zu füllen, welcher durch sein Gewicht das Hauptventil der Bewässerungsanlage öffnet. Durch den steigenden Wassergehalt im Boden, sinkt der Saugdruck im Tensiometer und ein weiteres Hilfsventil öffnet den Wasserbehälter, wodurch das Hauptventil durch ein Gegengewicht wieder verschlossen wird (**Bild 1**).



**Bild 1:** Mechanisches System zur Bewässerungsregelung, (a) Hauptventil, (b) Gegengewicht, (c) Hauptbewässerungsleitung, (d) Nebenleitung zur Befüllung des Gewichtgefäßes, (e) Gewichtgefäß, (f) Tensiometer, (g) Hilfsventil öffnet bei hoher Saugspannung, (h) Hilfsventil öffnet bei geringer Saugspannung, (h) Nebenleitung zur Entleerung des Gewichtgefäßes, (i) Auslass [2].

**Figure 1:** Mechanical system for irrigation control, (a) main valve, (b) counter weight, (c) main irrigation line, (d) secondary line for filling the weight cylinder, (e) weight cylinder, (f) tensiometer, (g) supporting valve opens at high tension, (h) supporting valve opens at low tension, (h) secondary line for emptying the weight cylinder, (i) outlet [2].

Direkter noch als über die Saugspannung im Boden, kann der Wasserbedarf an der Pflanze selbst ermittelt werden. Hierzu kann die Blatttemperatur herangezogen werden, welche durch Verdunstungskühlung bei geöffneten Stomata unterhalb der Temperatur einer trockenen Oberfläche liegt. Bei Wasserstress schließen die Stomata zunehmend, was sich in einer Verringerung dieser Temperaturdifferenz äußert. Hieraus wurde eine Maßzahl für den Wasserstress eines Pflanzenbestandes abgeleitet, der crop water stress index (CWSI), welcher bei steigendem Wassermangel ausgehend vom Wert 0 zunimmt und bei völligem Schließen der Stomata den Wert 1 erreicht. Bei Messungen der Blatttemperaturen in zwei Maissorten mittels Thermographie bei gleichzeitiger Messung der stomatären Leitfähigkeit konnte ein Sorteneinfluss nachgewiesen werden, d.h. die stresstolerante Sorte zeigte bei gleichem Blattwasserpotenzial einen geringeren CWSI. Als Grenzwert für den Bewässerungsbeginn konnte ein CWSI von 0,6 abgeleitet werden [3]. Obwohl die Preise für Wärmebildkameras im Fallen begriffen sind, kann die Thermographie noch nicht für praktische Anwendungen in Entwicklungsländern empfohlen werden, zumal die CWSI-Werte für unterschiedliche Kulturen erst erstellt werden müssen [4]. In der Pflanzenzüchtung leistet sie jedoch bereits schon jetzt eine beachtliche Hilfe. Beim Einsatz in einem Maiszüchtungsprogramm am CIMMYT (Mexiko) konnte mittels der Thermographie die Wasserstresstoleranz von 150 Genotypen binnen weniger Stunden auf dem Feld für die anschließende Auswertung erfasst werden [5;6]. Die Genotypen wurden reihenweise in einem randomisierten Blockdesign gesät, so dass pro Wärmebildaufnahme immer mehrere Genotypen im direkten Vergleich sichtbar wurden. **Bild 2** zeigt links die Wärmebildaufnahme mit Falschfarben für die Blatttemperatur und rechts das entsprechende Digitalfoto zur sicheren Identifizierung der Reihen und damit der unterschiedlichen Genotypen.



**Bild 2:** Bestimmung von Wasserstress bei verschiedenen Maisgenotypen, (a) Wärmebildaufnahme, (b) Digitalfoto [6].

**Figure 2:** Detection of water stress in various maize genotypes, (a) thermo-image, (b) digital image [6].

Eine weitere Maßnahme zur Einsparung von Wasser stellt die gezielte Defizitbewässerung dar. Bei Baumkulturen wie Mango wurde hier erfolgreich das so genannte Partial Root-Zone Drying (PRD) entwickelt. Hierbei wird die aus der klimatischen Wasserbilanz errechnete Wassergabe bis zu 50 % reduziert und alternierend auf die beiden Hälften der

Baumscheiben appliziert. In der austrocknenden Wurzelzone werden Pflanzenhormone gebildet, welche den Wasserverbrauch des Baumes durch verminderte Transpiration einschränken. Diese Methode wurde inzwischen erfolgreich in Thailand in der kommerziellen Mangoproduktion angewandt [7]. Dabei hat sich der Blattgehalt an Prolin ((S)-Pyrrolidin-2-carbonsäure) als möglicher Indikator für den Wasserstress erwiesen, welcher für die Optimierung der Frequenz des Seitenwechsels herangezogen werden kann. Im Verlauf dieser Untersuchung hat sich auch die Bestimmung des Fruchtwachstums von Mango aus einfach zu bestimmenden geometrischen Größen als sehr hilfreich erwiesen [8].

## **Energie**

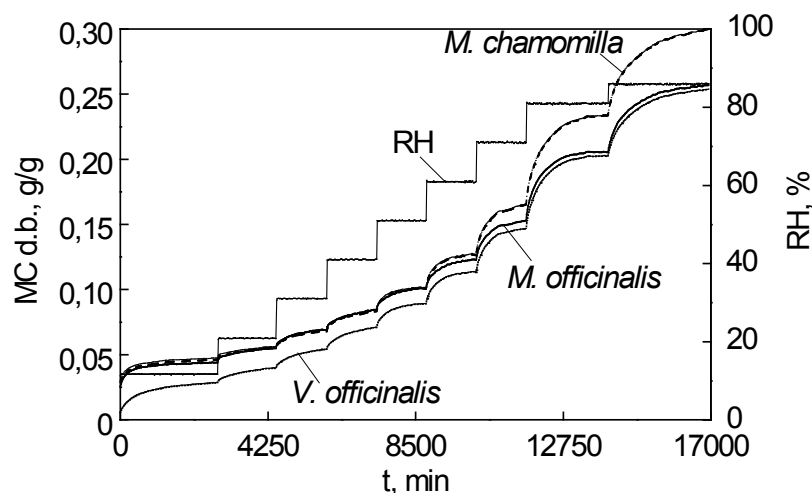
Aufgrund der mangelnden Verfügbarkeit fossiler Energie in Entwicklungsländern bietet sich der Einsatz erneuerbarer Energieträger geradezu an. Oft stellt die Verwendung traditioneller Biomasse in Form von Holz, Ernterückständen und Dung die einzige Quelle von Haushaltsenergie dar. Neben dem Problem der zunehmenden Entwaldung resultiert hieraus auch eine stetige Verarmung der Böden. Zumindest die Asche sollte auf die Felder zurückgebracht und gezielt eingesetzt werden, um die Düngewirkung der mineralischen Bestandteile zu nutzen [9]. Der in der Biomasse enthaltene Stickstoff geht jedoch bei der Verbrennung als gesundheits- und umweltschädliche Emission an die Atmosphäre verloren. Speziell bei Dung stellt die Biogasproduktion eine wesentlich bessere Alternative dar. Neben der Gewinnung eines hochwertigen Energieträgers, welcher nicht nur in Haushaltskochern eingesetzt werden kann, sondern auch zur Beleuchtung, entsteht ein wertvoller Dünger in Form der Gärreste. Bei der Behandlung der Gärreste muss darauf geachtet werden, dass der Stickstoff nicht in Form von Ammoniakausgasungen verloren geht [10]. Unter kleinbäuerliche Betriebsbedingungen ist eine direkte Ausbringung und Einarbeitung in den Boden einer Trocknung vorzuziehen. Eine ökonomische Studie in Äthiopien zeigte, dass die staatlich propagierten Biogasanlagen mit den derzeitigen Subventionen auf Haushaltsebene wirtschaftlich arbeiten. Aber auch ohne Subventionen stellt Biogas eine kostengünstigere Energieform dar als die Verbrennung von Holz und Dung, sofern die Düngewirkung der Gärreste monetär berücksichtigt wird [11]. Um einen Vergleich bezüglich der Umweltwirkung beider Verfahren erstellen zu können, wurde eine Life Cycle Assessment (LCA) Analyse durchgeführt. Dabei ergaben sich für Biogas neben geringeren Umweltwirkungen in den Kategorien Eutrophierung und Versauerung auch geringere CO<sub>2</sub>-Äquivalente als für die Dungverbrennung [12].

## **Nacherntetechnologie**

Im Bereich der Nacherntetechnologie kommt der Trocknung eine besondere Bedeutung zu, da sie nicht nur der Haltbarmachung von Lebensmitteln dient, sondern auch eine Veredelungsstufe darstellen kann. Dies trifft insbesondere auf die Trocknung von Früchten zu, da Prozessschritte wie beispielweise das Schälen und Entsteinen bei Litchi zu einem neuen Produkt führt, welches bei entsprechender Verpackung als Convenience Food gehandelt werden kann. Zur Verbesserung der Trocknung von Litchi und Longan wurden in Grundlagenuntersuchungen die optimalen Trocknungsbedingungen bezüglich Temperatur,

rel. Feuchte und Luftgeschwindigkeit sowie der Vorbehandlung der Früchte bestimmt [13 bis 15]. Basierend auf diesen Erkenntnissen war es dann möglich, geeignete Trocknungsverfahren bei Farmerkooperativen in Thailand zu etablieren und Trockenfrüchte in Exportqualität zu produzieren [16; 17].

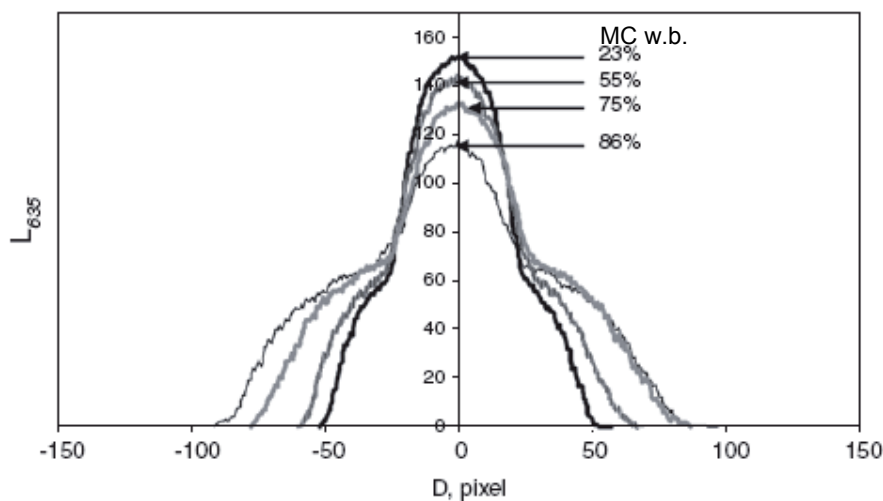
Um den richtigen Feuchtegehalt für die Lagerung zu bestimmen, muss in empirischen Messungen die Sorptionsisotherme als spezifische Produkteigenschaft für jedes Trocknungsgut eigens erstellt werden. Dies erfolge bislang überwiegend nach der gravimetrischen Methode, wobei das Produkt in unterschiedlichen, mittels spezifischer Salzlösungen eingestellten Atmosphären gelagert wurde, bis der Feuchtegehalt durch Desorption oder Adsorption den Gleichgewichtszustand erreichte. Dies ist eine sehr zeitaufwändige Methode und führt besonders bei Einstellungen mit hoher rel. Feuchte oft zum Gutverderb bevor das Gleichgewicht erreicht ist. Aus diesem Grund wurde an der Universität Hohenheim die Dynamic Vapor Sorption (DVS) Methode weiterentwickelt [18]. Hierbei wird die rel. Feuchte in einem programmierbaren Klimaschrank schrittweise verändert, wobei die Temperatur konstant gehalten wird. Fünf Probenhalter sind mittels Stäben, welche durch die Kammerdecke geführt sind, an Präzisionswagen befestigt. Auf diese Weise kann das Gewicht und damit der Feuchtegehalt von Produktproben kontinuierlich erfasst werden. **Bild 3** zeigt den stufenförmigen Anstieg der rel. Feuchte in der Klimakammer, sowie den darauf reagierenden Feuchtegehalt von Melisse, Kamille und Baldrian [19].



**Bild 3:** Bestimmung der Sorptionsisothermen nach der Dynamic Vapor Sorption (DVS) Methode mit stufenförmiger Anhebung der rel. Feuchte (RH) und reagierendem Feuchtegrad (MC d.b.) von Melisse (*M. officinalis*), Kamille (*M. chamomilla*) und Baldrian (*V. officinalis*) [19].

**Figure 3:** Establishing of sorption isotherms according the dynamic vapor sorption (DVS) method with stepwise increase of rel. humidity (RH) and reacting moisture content (MC d.b.) of balm (*M. officinalis*), chamomile (*M. chamomilla*) and valerian (*V. officinalis*) [19].

Zur Steuerung von Trocknungsprozessen, muss die Produktfeuchte im Trocknungsverlauf bekannt sein. Bislang bekannte Sensoren beruhen meist auf der Messung der dielektrischen Eigenschaften des Trocknungsgutes, welche sich mit dem Wassergehalt ändern. Solche Sensoren sind teuer und finden nur zögerlich Eingang in die Praxis. Eine Lösung könnte sich aus dem Einsatz von Lasern ergeben, deren Kosten durch Massenproduktion stark gesunken sind. Laserlicht dringt einige Millimeter in das Gewebe von Gutproben ein und wird dabei gestreut. Diese Streuung erzeugt auf der Oberfläche einen Lichthof um den Eintrittspunkt, dessen Intensität und Radius vom Wassergehalt des Gewebes abhängt (**Bild 4**) [20].



**Bild 4:** Lumineszenz bei einer Wellenlänge von 635 nm (L635) über dem Durchmesser des Lichthofs (D) auf Apfelscheiben bei unterschiedlichem Feuchtegehalt (MC) [20].

**Figure 4:** Luminescence at a wavelength of 635 nm (L635) versus scattering diameter (D) in apple tissue at different moisture content (MC) [20].

Diese Methode wird derzeit an unterschiedlichen tropischen Produkten versuchsweise angewandt, wobei auch die Aussagekraft für andere Parameter, wie Farbe und Festigkeit untersucht werden [21; 22]. Bei Farmerkooperativen ist ein Einsatz robuster und kostengünstiger Sensoren zur Fruchttrocknung in naher Zukunft denkbar, sofern durch damit erreichbare Prozessverbesserungen Exportqualität erzielt werden kann.

## Zusammenfassung

Durch die Entwicklung von wassersparenden Steuerungssystemen für die Bewässerung sowie von dezentralen Energieversorgungssystemen auf der Basis der Biogasproduktion leistet die Agrartechnik einen wichtigen Beitrag zum Ressourcenschutz in Entwicklungsländern. Darüber hinaus werden durch die Verbesserung der Nachernte-technologie und der damit verbundenen Wertsteigerung zusätzliche Einkommensquellen für Kleinbauern erschlossen. Die Entwicklung kostengünstiger Sensoren, ist eine Voraussetzung für einen künftigen Einsatz in Entwicklungsländern, beispielsweise bei Farmerkooperativen zur Weiterverarbeitung von Lebensmitteln.



## Literatur

- [1] Spreer, W., Schulze, K., Srikasetsarakul, U., Ongprasert, S., Müller, J.: Introduction of micro-sprinkler systems to mango production into the uplands Northern Thailand. In: Proceedings of the CIGR International Symposium on "Sustainable Bioproduction - Water, Energy and Food", 19./23.9.2011 Tokyo, S. 1-6.
- [2] Pinmanee, S., Spreer, W., Spohrer, K., Ongprasert, S., Müller, J.: Development of a low-cost tensiometer driven irrigation control unit and evaluation of its suitability for irrigation of lychee trees in the uplands of Northern Thailand in a participatory approach. Journal of Horticulture and Forestry 3 (2011) H. 7, S. 226 - 230.
- [3] Zia, S., Spohrer, K., Wenyong, D., Spreer, W., Romano, G., He, X., Müller, J.: Monitoring physiological responses to water stress in two maize varieties by infrared thermography. Int. Journal of Agricultural & Biological Engineering 4 (2011) H. 3, S. 7-15.
- [4] Schulze, K., Wanwisa, J., Spreer, W., Ongprasert, S., Wiriya-Alongkorn, W., Müller, J.: Monitoring water stress responses of *Ipomoea Aquatica* (Forssk.) by thermal imaging in different soil materials of Northern Thailand. In: Tropentag 2011, 5./7.10.2011 Bonn, S. 1-5.
- [5] Romano, G., Zia, S., Spreer, W., Sanchez, C., Cairns, J., Araus, J. L., Müller, J.: Use of thermography for high throughput phenotyping of tropical maize adaptation in water stress. Computers and Electronics in Agriculture 79 (2011) H. 1, S. 67-74.
- [6] Zia, S., Romano, G., Spreer, W., Sanchez, C., Cairns, J., Araus, J.L., Müller, J.: Infrared Thermal Imaging as a Rapid Tool for Identifying Water-Stress Tolerant Maize Genotypes of Different Phenology. Journal of Agronomy & Crop Science (2012), S. 1-10.
- [7] Srikasetsarakul, U., Spreer, W., Ongprasert, S., Wiriya-Alongkorn, W., Sringarm, K., Sruamsiri, P., Müller, J.: Biomass formation and nutrient partitioning in potted longan trees under partial rootzone drying. Acta Horticulturae 889 (2011), S. 587-592.
- [8] Spreer, W., Müller, J.: Estimating the mass of mango fruit (*Mangifera indica*, cv.ChokAnan) from its geometric dimensions by optical measurement. Computers and Electronics in Agriculture 75 (2011) H. 1, S. 125-131.
- [9] Herrmann, L., Oumarou, H. M., Diallo, M., Dicko, S., Ouedraogo, M., Haussmann, B. I. G., Müller, J., Waliyar, F., Stahr, K.: Let's go marginal - Strategien der Holzaschädigung für subsistenzorientierte Betriebe in Westafrika. In: Tagungsband der Jahrestagung der DBG "Böden - eine endliche Ressource", 3./9.9. 2011 Berlin, S. 1-4.
- [10] Maurer, C., Müller, J.: Ammonia (NH<sub>3</sub>) emissions during drying of untreated and dewatered biogas digestate in a hybrid waste-heat/solar dryer. Eng. Life Sci. 12 (2012) H. 3, S. 321-326.
- [11] Gwavuya, S., Abele, S., Barfuss, I., Zeller, M., Müller, J.: Household energy economics in rural Ethiopia: A cost-benefit analysis of biogas energy. Renewable Energy 48 (2012), S. 202-209.
- [12] Lansche, J., Schock, S., Müller, J.: Life cycle assessment on the substitution of dung combustion by biogas systems in Ethiopia. In: Tropentag 2011, 5./7.10.2011 Bonn, S. 1-5

- [13] Janjai, S., Lamler, N., Mahayothee, B., Bala, B. K., Precoppe, M. F., Müller, J.: Thin layer drying of peeled longan (*Dimocarpus longan* Lour.). Food Science and Technology Research 17 (2011) H. 4, S. 279-288.
- [14] Janjai, S., Precoppe, M. F., Lamler, N., Mahayothee, B., Bala, B. K., Nagle, M., Müller, J.: Thin-layer drying of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). Food and Bioproducts Processing 89 (2011) H. 3, S. 194-201.
- [15] Mahayothee, B., Udomkun, P., Nagle, M., Haewsungcharoen, M., Janjai, S., Müller, J.: Effects of pretreatments on colour alterations of litchi during drying and storage. European Food Research and Technology 229 (2009) H. 2, S. 329-337.
- [16] Janjai, S., Lamler, N., Mahayothee, B., Sruamsiri, P., Precoppe, M. F., Bala, B. K., Müller, J.: Experimental and simulated performance of a batch-type longan dryer with air flow reversal using biomass burner as a heat source. Drying Technology 29 (2011) H. 12, S. 1439-1451.
- [17] Precoppe, M. F., Nagle, M., Janjai, S., Mahayothee, B., Müller, J.: Analysis of dryer performance for the improvement of small-scale litchi processing. International Journal of Food Science & Technology 46 (2011) H. 3, S. 561-569.
- [18] Argyropoulos, D., Rainer, A., Kohler, R., Müller, J.: Moisture sorption isotherms and isosteric heat of sorption of leaves and stems of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) established by dynamic vapor sorption. LWT - Food Science and Technology 47 (2012), S. 324-331.
- [19] Argyropoulos, D., Müller, J.: An automated system for the determination of moisture sorption isotherms. In: International Conference of Agricultural Engineering CIGR-AgEng2012, 8./12.7.2012 Valencia, S. 1-6.
- [20] Romano, G., Nagle, M., Argyropoulos, D., Müller, J.: Laser light backscattering to monitor moisture content, soluble solid content and hardness of apple tissue during drying. Journal of Food Engineering 104 (2011) H. 4, S. 657-662.
- [21] Romano, G., Argyropoulos, D., Nagle, M., Khan, M. T., Müller, J.: Combination of digital images and laser light to predict moisture content and color of bell pepper simultaneously during drying. Journal of Food Engineering 109 (2012) H. 3, S. 438-448.
- [22] Romano, G., Nagle, M., Müller, J.: Monitoring physical parameters of tropical fruits during drying by application of laser light in the VIS/NIR spectrum. In: Int. Conference of Agricultural Engineering CIGR-AgEng2012, 8./12.7.2012 Valencia, S. 1-5.

---

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Müller, Joachim: Agrartechnik in Tropen und Subtropen. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-8

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043481>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/61.html>

---

## **Agrartechnik in Transformationsländern**

Reiner Brunsch, Thomas Hoffmann,  
Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. (ATB)

### **Kurzfassung**

Die landwirtschaftliche Produktion in den Transformationsländern ist häufig geprägt durch kleine Betriebe und einer Produktion, die auf den Eigenbedarf ausgerichtet ist. Je Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche wird ein deutlich geringerer finanzieller Wert erwirtschaftet als in den westeuropäischen Ländern.

In der Vergangenheit haben viele Transformationsländer beträchtlich in neue Landtechnik investiert. Ein zunehmender Teil der Landtechnik wird in den Transformationsländern produziert. Bei den Herstellern handelt es sich um landeseigene Firmen oder um westeuropäische Firmen mit Fertigungskapazitäten in den Transformationsländern.

Durch Ausstellungen, Konferenzen und Förderprogramme besteht ein reger Wissensaustausch zwischen den Transformationsländern und den westeuropäischen Staaten.

### **Schlüsselwörter**

Produktivität, Produktion von Landtechnik, Wissenstransfer

## **Agricultural Engineering in Transformation Countries**

Reiner Brunsch, Thomas Hoffmann,  
Leibniz-Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim e.V. (ATB)

### **Abstract**

The agricultural production in Transformation countries is often dominated by small farms. The production of these farms is geared to their own use. The farms generate a significantly lower financial value per hectare land than in Western Europe countries.

In the past, many countries have invested in new agricultural machinery. More and more of the machinery is produced in the Transformation countries. The manufacturers are local companies as well as companies from West Europe with production capacities inside the Transformation countries.

There is a lively exchange of knowledge between the Transformation countries and the Western European States through exhibitions, conferences, and funding programs.

### **Keywords**

Productivity, production of agricultural machinery, knowledge transfer

## Agrarpolitische Entwicklung

Der Begriff Transformationsländer wird für Länder verwendet, die sich im Übergang (Transformation) von einer Zentralwirtschaft in eine marktwirtschaftliche Wirtschaftsordnung befinden. Dazu zählen die ehemaligen Länder Mittel- und Osteuropas (MOE), die Nachfolgestaaten der ehemaligen Sowjetunion sowie mit China und Vietnam auch Staaten aus Asien [1]. Bei den Transformationsländern kann es sich um Entwicklungsländer handeln. Mitunter sind es auch Länder, die zu den OECD-Staaten gehören oder auch zur Europäischen Union wie z.B. die Tschechische Republik, Polen und Ungarn.

Nimmt man die Produktion in EURO je 1 ha landwirtschaftliche Nutzfläche als eine Maß für die Produktivität, so zeigen sich große Unterschiede im Vergleich zwischen den Transformationsländern untereinander und auch im Vergleich zu den mitteleuropäischen Staaten. In Estland werden 664 EUR/ha erwirtschaftet (Tafel 1). Lettland und Litauen liegen auf dem gleichen Niveau. Andere Länder wie Polen, Slowakei, Rumänien und Bulgarien erreichen etwas 50 % des Wertes von Deutschland (2.847 EUR/ha). An der europäischen Spitze stehen Belgien, die Niederlande und Malta [2].

Die Ursachen für die geringe Produktivität sind vielschichtig. Oft ist die Landwirtschaft klein strukturiert und auf den Eigenbedarf ausgerichtet. Die mittlere Betriebsgröße beträgt in Rumänien 3 ha, in Polen und Bulgarien 6 ha und in Ungarn 7 ha (Tafel 1). Litauen kommt auf 12 ha und Lettland auf 16 ha. Estland hat bereits 39 ha. Deutschland hat zum Vergleich 46 ha [3]. Die Angabe der mittleren Betriebsgröße ist stark geprägt vom Vorhandensein vieler kleiner Betriebe. Oft sind in den Ländern auch wenige große Betriebe vorhanden, die einen beträchtlichen Teil der landwirtschaftlichen Produktion erbringen. Litauen verfügt über 2,5 Mio. ha landwirtschaftliche Nutzfläche. Nur 5 % der Betriebe bewirtschaften davon über 1 Mio. ha [4]. Eurostat [3] weist als Kennzahl für die Betriebsgrößenverteilung aus, wie viele große Betriebe nötig sind, um 20 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche zu bewirtschaften und welche Fläche diese Betriebe im Durchschnitt haben. Spitzenreiter in dieser Statistik ist die Slowakei (**Tafel 1**). In diesem Land werden 20 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche von Betrieben mit durchschnittlich 3.934 ha bewirtschaftet. Es sind 98 Betriebe oder anders ausgedrückt 0,14 % aller landwirtschaftlichen Betriebe. Auch Tschechien, Ungarn und Bulgarien verfügen über große Betriebseinheiten. Von den westeuropäischen Staaten ist Großbritannien das Land mit den größten Betrieben. Dort teilen sich 0,45 % der Betriebe mit durchschnittliche 2.416 ha ein Fünftel der Fläche. Deutschland liegt in diesem Vergleich etwa im Mittelfeld. Die Ukraine ist in der eurostat-Statistik nicht enthalten. In der Ukraine gibt es modern geführte Agrarholdings mit bis zu 200.000 ha Nutzfläche [5].

Mit der Aufgabe des alten zentralistischen Wirtschaftssystems sind in einigen Transformationsländern landwirtschaftliche Flächen aus der Nutzung genommen worden. Eine Studie von 2012 zeigt, dass im Zeitraum von 1990 bis 2000 in Weißrussland 13 %, in Polen 14 %, in Litauen 28 %, in Russland 31 % und in Lettland sogar 42 % der landwirtschaftlichen Fläche aufgegeben wurde [6]. Im Bereich der gemeinsamen Grenze zwischen Russland und Weißrussland hat Weißrussland 10 % der Flächen aufgegeben, Russland dagegen 47 %. Es ist zu vermuten, dass die Gründe für die unterschiedliche

Flächenaufgabe weniger beim Boden als vielmehr bei der Politik zu suchen sind. Für den europäischen Teil von Russland wird die aufgegebene landwirtschaftliche Fläche auf etwa 27 Mio. ha geschätzt [7].

**Tafel 1:** Kennzahlen zur Produktion und zur Betriebsgrößenstruktur ausgewählter Länder

**Table 1:** Key figures of production and farm size structure of selected countries

	Produktion [2] [EUR/ha LN]	durchschnittliche Betriebsgröße [3] [ha]	Betriebsgröße der großen Betriebe [3] [ha]	relative Anzahl großer Betriebe [3] [%]
Belgien	5.373	29	150	3,81
Bulgarien	1.502	6	3.128	0,04
Deutschland	2.847	46	1.391	0,66
Estland	664	39	1.988	0,39
Großbritannien	1.486	54	2.416	0,45
Lettland	536	16	844	0,39
Litauen	809	12	923	0,25
Malta	12.600	1	7	2,64
Niederlande	12.272	25	135	3,68
Polen	1.398	6	250	0,52
Rumänien	1.225	3	1.802	0,04
Slowakei	1.238	28	3.934	0,14
Tschechien	1.321	89	3.531	0,51
Ungarn	1.769	7	3.164	0,04

LN - Landwirtschaftliche Nutzfläche

## Landmaschinenmarkt

Die deutsche Landmaschinenindustrie schätzt die derzeitige Konjunkturlage als gut ein [5]. Viele der Transformationsländer importierten 2011 im hohen Umfang Landmaschinen aus Westeuropa und damit auch aus Deutschland. Die Tschechische Republik importierte 2011 für 559 Mio. EUR, die Slowakei für 241 Mio. EUR, Ungarn für 326 Mio. EUR und Bulgarien für 359 Mio. EUR. All diese Länder erhöhten ihre Importe im Vergleich zum Vorjahr [5].

Ein Teil der Importe wurde nur aufgrund von EU-Fördermaßnahmen möglich. In Bulgarien wird eingeschätzt, dass 80 % der Maschinen älter als 10 Jahre sind und damit in naher Zukunft erneuert werden müssen [5]. Der Zwang zur Modernisierung führt zu einer großen Nachfrage an Fördermöglichkeiten. Das letzte EU-Förderprogramm war bereits 4 Jahre vor dem Programmende ausgeschöpft [8].

In Russland arbeiten 14 % der Beschäftigten in der Land- und Forstwirtschaft und erwirtschaften 4,1 % des Brutto-Inland-Produkts [9]. Trotz der eigenen Produktion muss Russland 40 % der benötigten Lebensmittel importieren. Angesichts des geringen Selbstversorgungsgrades ist nicht zu verstehen, warum in Russland viel Fläche aus der Bewirtschaftung genommen wird (siehe oben).



Russland ist im August 2012 der Welthandelsorganisation (WTO) beigetreten. Mit dem Beitritt erhoffen sich viele Fachleute Vorteile durch geringere Ein- und Ausfuhrzölle und die Anerkennung von internationalen Normen [10]. Erleichterungen werden nicht nur beim grenzüberschreitenden Warenverkehr erwartet. Viele namhafte westeuropäische Hersteller wollen in Russland eigene Produktionsstätten aufbauen oder besitzen bereits welche und wollen diese ausbauen. Der Umsatz des russischen Landtechnikmarktes betrug 2011 etwa 3 Mrd. EUR. Davon entfielen 1,3 Mrd. EUR auf die lokale Fertigung [5].

Zur Zeit der Zentralwirtschaft hatten die Transformationsländer selber Produktionsstätten für die Landtechnik, auch für Schlüsselmaschinen wie Traktoren und Erntemaschinen. Von diesen Produktionsstätten existieren heute nur noch wenige. Russland baut heute in Weiterentwicklung des K 700 von 1962 in St. Petersburg den Knicktraktor Kirovets 9520. Der Motor leistet heute 380 kW/522 PS und stammt aus deutscher Produktion (Mercedes) [11].

Tschechien produziert heute noch den Traktor Zetor. Es gibt mehrere Modelle mit Motorleistungen bis 96 kW/130 PS [11].

Weißrussland deckt mit seinen eigenen Maschinen einen großen Teil des Agrarbereiches ab. Neben Traktoren werden u.a. auch Mähdrescher, Rübenerntemaschinen (**Bild 1a**), Kartoffelerntemaschinen oder Spezialmaschinen für die Flachsernte (**Bild 1b**) hergestellt. Weißrussische Maschinen können wahlweise mit westeuropäischen Motoren (Deutz) ausgestattet werden, wie beim Traktor Belarus 3522.5 auf der Agritechnica 2011 zu sehen war [12]. Weißrussland ist sich seiner Möglichkeiten und Fähigkeiten bewusst. Das Land will seinen Anteil an der weltweiten Mähdrescherproduktion von derzeit etwa 10 % auf 15 % steigern [13].



**Bild 1:** Maschinen aus weißrussischer Produktion auf einer Landtechnik-Ausstellung in der Nähe von Minsk 2011; a) Rübenerntemaschine, b) Spezialmaschine zum Aufnehmen und Wenden von Flachsschwaden

**Figure 1:** Machinery from Belarusian production at an agricultural technology exhibition close to Minsk 2011; a) Sugar-beet harvester, b) Special machine for collecting and turning of flax swaths



## **Entwicklung in Forschung und Wissenstransfer**

Unter den Besuchern der agritechnica 2011 waren 3.200 Gäste aus Polen, 3.000 aus Tschechien, 2.300 aus Russland und 1.600 aus der Ukraine [14]. Im Verhältnis zu der Gesamtanzahl von 415.000 Besuchern erscheint das nicht viel, es zeigt aber von großem Interesse an den modernen Produktionsverfahren und Maschinen.

An der 7th Research and Development Conference of Central and Eastern European Institutes of Agricultural Engineering (CEE AgEng) am 08.-10. Juni 2011 [15] in Minsk nahmen viele Länder aus Osteuropa teil. Die Tagung findet alle zwei Jahre statt und hat sich fest etabliert. Die Vorträge umspannten einen weiten Bereich der Agrartechnik. Sie handelten u.a. von der Minderung der Emissionen von Landmaschinen, dem ökologischer Anbau von Getreide und Ölf Früchten und der Ernte von Kurzumtriebsplantagen.

Während der Tagung war im persönlichen Gespräch festzustellen, dass allgemein die finanziellen Mittel im Bereich Forschung sehr begrenzt sind.

Der Gastgeber in Minsk nahm eine Sonderstellung ein. Als Mitglied der Akademie der Wissenschaften sind in Weißrussland die Aktivitäten im Bereich Forschung und Entwicklung staatlich geregelt und auch mit finanziellen Mittel belegt.

Beim Wissenstransfer in Richtung Transformationsländer gibt es mehrere Aktivitäten.

Der bulgarische Verband der Landtechnikindustrie BATA wird durch den Verband des Deutschen Maschinen- und Anlagenbaus (VDMA) bei der Entwicklung der Landwirtschaft und Infrastruktur unterstützt [8]. Die Zielgruppe der Beratung ist enorm: In Bulgarien arbeitet etwa die Hälfte der erwerbstätigen Bevölkerung haupt- oder nebenberuflich in der Landwirtschaft [5].

Das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz bietet ein Programm zur Aus- und Weiterbildung für Absolventen und Lehrkräften der Agrar- und Ernährungswirtschaft der Länder Russland, Ukraine und Belarus an. Aufgrund des geringen Lohnniveaus gibt es einen Mangel an Nachwuchskräften [16].

Die Universität Hohenheim unterstützt mit ihrem MOEL-Projekt Doktoranden aus den mittel-, südost- und osteuropäischen Ländern bei der Vorbereitung auf die aktuellen Herausforderungen in Wissenschaft, Wirtschaft und Politik [17].

## **Literaturverzeichnis**

- [1] -.-: Transformationsländer. Bundeszentrale für politische Bildung.  
<http://www.bpb.de/wissen/804680>, Zugriff: 15.08.2012.
- [2] Pocza, W., Pawlak, K. und Czubak, W.: Produktions- und Einkommenssituation im landwirtschaftlichen Sektor Polens nach dem Beitritt zur Europäischen Union. Hrsg.: Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Berichte über Landwirtschaft (2012) Band 90 (1), S. 133-158.
- [3] Martins, C. and Tosstorff, G.: Agriculture and fisheries. eurostat Statistics in Focus (2011)18; [http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY\\_OFFPUB/KS-SF-11-018/EN/KS-SF-11-018-EN.PDF](http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-11-018/EN/KS-SF-11-018-EN.PDF).
- [4] -.-: Zu klein strukturiert. Bauernzeitung 53 (2012) 19. Woche, S. 43.
- [5] -.-: Wirtschaftsbericht VDMA Landtechnik 2012. VDMA (Hrsg.) , Frankfurt am Main, 2012, 47. S.
- [6] Prishchepov, A. V., Radeloff, V. C., Baumann, M., Kuemmerle, T. and Mueller, D.: Effects of institutional changes on land use: agricultural land abandonment during the transition from state-command to market-driven economies in post-Soviet Eastern Europe. Environmental Research Letters 7 (2012), S. 1-13.
- [7] Schierhorn, F. und Müller, D.: Russlands Beitrag zur Welternährung. Forschungsreport 2/2011, [http://www.bmelv-forschung.de/fileadmin/dam\\_uploads/ForschungsReport/FoRep\\_2011-/Russlands%20Beitrag%20Welternaehrung.pdf](http://www.bmelv-forschung.de/fileadmin/dam_uploads/ForschungsReport/FoRep_2011-/Russlands%20Beitrag%20Welternaehrung.pdf), Zugriff: 17.08.2012.
- [8] -.-: VDMA: Bulgarische Landwirtschaft. Landtechnik 66 (2011) H. 4: S. 303.
- [9] Halbrock, K., Hockmann, H. und Teuber, R.: Kurs auf 80 Prozent Selbstversorgung. Zuckerrübenzeitung 48 (2012) H. 3, S. 42-43.
- [10] Belaya, V., Schenkenberger, P.: Mehr Handel mit Russland. dlz - agrarmagazin (2012) H. 3 , S. 136-140.
- [11] -.-: dlz - Sonderheft: Traktoren 2012. dlz - agrarmagazin (2012), 112 S.
- [12] -.-: Agritechnica 2013. dlz - agrarmagazin (2012) H. 1, S. 91-92.
- [13] -.-: Weißrussland: Ehrgeiziges Exportziel. <http://www.agrarheute.com/deutz-expandiert-nach-asien>, Zugriff: 14.08.2012.
- [14] -.-: Wieder mal Rekorde. Neue Landwirtschaft 22 (2011) H. 12, S. 38-43.
- [15] -.-: Proceedings of 7th International Research and Development Conference of Central and Eastern European Institutes of Agricultural Engineering (CEE), Minsk (Weißrussland), 08.-10.06.2011.
- [16] -.-: BMELV - Kooperationsprogramm. Internetauftritt vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, <http://www.bmelv-kooperationsprogramm.de/de/projekte/laenderuebergreifende-projekte/aus-und-weiterbildung-fuer-absolventen-und-lehrkraefte-der-agrar-und-ernaehrungswirtschaft-in-den-laendern-russland-ukraine-und-belarus/>, Zugriff: 15.08.2012.

- [17] -.-: MOEL: Sustainable and Efficient Agriculture in Central, South-Eastern and Eastern Europe. Universität Hohenheim, [https://moel.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/moel/Downloads/Downloads2012/Flyer\\_MOEL\\_download.pdf](https://moel.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/moel/Downloads/Downloads2012/Flyer_MOEL_download.pdf), Zugriff: 16.08.2012.

**Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

**Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Brunsch, Reiner: Agrartechnik in Transformationsländern. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-7

**Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043482>

**Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/90.html>

## **Geschichte der Agrartechnik**

Jürgen Hahn,  
FA Geschichte der Agrartechnik im VDI/MEG

### **Kurzfassung**

Der Fachausschuss „Geschichte der Agrartechnik“ der Max-Eyth-Gesellschaft will in seiner ehrenamtlichen Tätigkeit neben dem „Erinnern an ...“ nun mehr und mehr auch den Zugang zu den technikgeschichtlichen Schätzen erleichtern. Im gegenwärtigen digitalen Zeitalter ist dazu die Digitalisierung unumgänglich. Allerdings: angesichts der schier magischen Wirkung, die ein altes Originalfoto oder ein bibliophiles Unikat auf den Betrachter auslöst, kann man relativieren: Digitalisierung ist nicht alles – aber ohne Digitalisierung ist alles bald nichts!

Erste Schritte bestehen nun darin, agrartechnische Sammlungen besser bekannt und deren Exponate der interessierten Fachöffentlichkeit über das jederzeit abrufbare Digitalisat leichter zugänglich zu machen. Drei Beispiele sollen dies verdeutlichen, ohne dabei zu verschweigen, dass hier ein aufwendiger Prozess gerade erst in Gang gesetzt wurde, der voller technisch-organisatorischer und urheberrechtlicher Komplikationen steckt.

### **Schlüsselwörter**

Agrartechnische Sammlung, Digitalisierung

## **Historical Development of Agricultural Engineering**

Jürgen Hahn,  
Technical Committee Historical Development of Agricultural Engineering in VDI/MEG

### **Abstract**

Besides the retrospective tasks, the honorary work of the Technical Committee “Historical Development” of the Max Eyth Society is to facilitate access to treasures of historical agricultural engineering. In the current digital age digitisation is essential. However, digitisation can be put into perspective by the fact that the viewers’ fascination for old photographs and bibliophilic editions continues: Digitisation is not the ultimate solution, but without digitisation, it is nothing.

First actions have been taken to advertise and promote collections of historical agricultural engineering and therefore to allow for online access to the digital database of collections’ exhibits. This recently started process is explained by providing three examples without concealing problems due to technical, organisational and copyright challenges.

### **Keywords**

Collection of historical agricultural engineering, digitisation

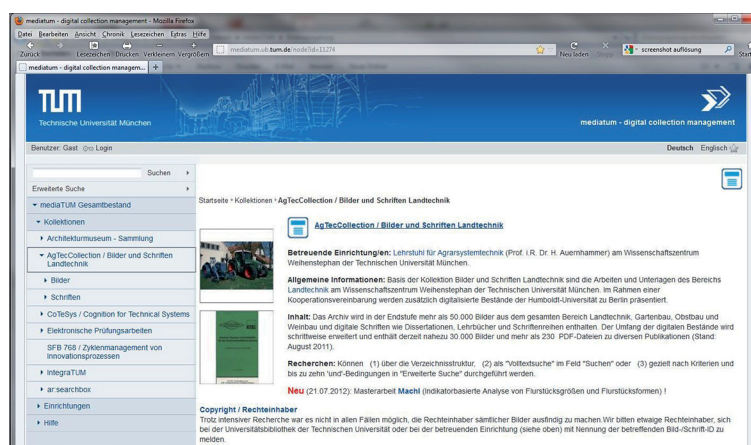
Bewahrenswürdiges aus der Geschichte der Agrartechnik befindet sich in landtechnischen Museen, bei Firmen, an Universitäten, in Prüf- und Landesanstalten und auch in schon erschlossenen oder noch unbearbeiteten Archiven von Nachlassorganisationen oder Vereinen. Und in den Köpfen der Zeitzeugen!

Vorwiegend handelt es sich um physische Exponate, Schrifttum, Fotos und Film- oder Videomaterial, die dort nach unterschiedlichen Systematiken archiviert und in seltenen Fällen auch bereits digitalisiert sind. Darüber hinaus gilt die Aufmerksamkeit des Fachausschusses „Geschichte der Agrartechnik“ weiterhin den Persönlichkeiten, Unternehmen, Erzeugnissen und Ereignissen, die die Entwicklung der Agrartechnik in den zurückliegenden 150 Jahren nachhaltig geprägt haben.

Der Umgang mit diesem Erbe kann durchaus unterschiedlich sein, wie die nachfolgenden Beispiele zeigen.

### **AgTecCollection in mediaTUM**

Durch das Initiieren und „Beackern“ des technikgeschichtlichen Datenbank-Projektes AgTecCollection hat sich Prof. Dr. Auernhammer aus Freising seit mehr als 10 Jahren um das Digitalisieren und Zugänglichmachen agrartechnischer Foto- und Schrifttumsammlungen verdient gemacht [1]. An die Digitalisierung und Erfassung der Bildzusatzdaten ab 2001 und der Entwicklung des Archivierungssystems „mediaTUM“ durch die Bibliothek der TUM in München ab 2003 schlossen sich umfangreiche Systemtests, Schlagwortdefinitionen und Klassifizierungsarbeiten an. Mit der systematischen Erschließung und Beschlagwortung des agrartechnischen Bildbestandes wurde im Jahre 2009 begonnen. Inzwischen ist die Saat reichlich aufgegangen. Derzeit sind mehr als 33.000 Bilder, vorwiegend aus Weihenstephan, Garching und Berlin, ferner 243 Schriften (Lehrbücher Landtechnik, Dissertationen, Bände Schlüter-Seminare ...) digitalisiert, gespeichert und verfügbar <http://mediatum.ub.tum.de> [2].



**Bild 1:** Bildschirmtext der Einstiegseite von AgTecCollection in mediaTUM [2]

**Figure 1:** Screenshot AgTecCollection in mediaTUM [2]

Als von großem Wert für die Einrichtung des Datenbanksystems erwies sich die sachkundige Betreuung aus bibliothekarischer und informationstechnischer Sicht in der Bibliothek der TU München. Dennoch verbleibt eine Fülle von Arbeiten beim Bereitsteller der Sammlungsdaten. Bei Schriften wurde die Rechteübertragung der Autoren eingeholt. Das Schlagwortverzeichnis liegt auch in englischer Sprache vor. Auch der Systemzugang ist in Englisch möglich. Weitere Sprachen sind in Vorbereitung (Multilingualität). Für jedes Objekt existieren Quellenangaben.

Die Zugriffshäufigkeit war von Anfang an sehr hoch. Sie hat sich dann aber zwischen den Jahren 2009 und 2011 annähernd verdoppelt, vermutlich durch Einführung der englischen Sprache. Bisher gab es mehr als 400.000 Zugriffe und über 20.000 Downloads aus insgesamt 74 Ländern.

Das Projekt und seine Nutzungsmöglichkeiten wurden vom Initiator Auernhammer mehrfach im In- und Ausland vorgetragen und fanden dabei außerordentlich großes Interesse. Anregungen aus diesen Foren, aus dem Team mediaTUM sowie aus dem Kollegium des Fachausschusses „Geschichte der Agrartechnik“ [3] ergaben zahlreiche Wünsche und Vorschläge zur Weiterentwicklung.

Geprüft wird dabei vor allem die Möglichkeit, das bewährte Datenbank-System auch außerhalb der TU München, mit erweitertem Anwendungsbereich und beliebig verortetem Server nutzen zu können. Unter anderem an Folgendem wird zurzeit intensiv gearbeitet:

- Erweiterung um Personendarstellungen einschl. der erforderlichen Metadaten,
- Integration von Primärdaten (wie z.B. von Prüfberichten),
- Integration von Bewegtbildern/-sequenzen (Filme, Videos ...),
- Previewing von pdf-Dokumenten mit kostenpflichtigem Download eigentumsbezogener Objektteile

### **Das Beispiel FAHR**

Enthusiasten des "FAHR-Schlepper-Freunde e.V." haben wertvolle Dokumente aus dem FAHR-Nachlass zunächst vor der Entsorgung bewahrt und danach zu einem gut nutzbaren Archiv aufbereitet [4]. Unter den vielen einstmals namhaften und heute nicht mehr existenten deutschen Landtechnik-Unternehmen ist solches in vergleichbarer Form nach Kenntnis des Autors bislang einmalig.

Die in diesem Archiv befindlichen Originale betreffen Produkte der ehemaligen Maschinenfabrik FAHR AG seit der Firmengründung im Jahr 1870 bis zum Jahr 1977, bzw. DEUTZ-FAHR bis zum Jahr 1988, dem Zeitpunkt der Übernahme des Unternehmens durch GREENLAND, <http://www.fahr-schlepper-freunde.de/fahr-landtechnik-archiv.html>.

Für die Aufnahme in eine Datenbank und zur Präsentation im Internet wird von repräsentativen FAHR-Produkten aus allen Herstellungsperioden, Fertigungslinien und Sachgebieten eine begrenzte Anzahl von Fotos, Betriebsanleitungen, Ersatzteillisten und Prospekten ausgewählt, gescannt und in Excel-Dateien erfasst. Diese enthalten für jedes Dokument folgende Angaben:



- ID-Nr. und Format (pdf, tif)
- Dokumententyp (Betriebsanleitung, Ersatzteilliste, Foto, Prospekt)
- Sachgebiet (Produkte der Gründerzeit, Schlepper, Bodenbearbeitungsmaschinen, Ernte- und Aufbereitungsmaschinen für Futter und Getreide, Fahrzeuge, Fördergeräte, usw.)
- Dokument-Titel, Schlagwort und Herstellungsjahr sowie technische Besonderheiten

Zusätzliche Dateien geben Auskunft über die Geschichte der Maschinenfabrik FAHR, das Produktionsprogramm und -zeiträume sowie Gesamtstückzahlen der bis 1988 serienmäßig hergestellten Maschinen [5].

Digitalisiert und für die Präsentation im Internet vorbereitet sind gegenwärtig [6]:

- 374 Betriebsanleitungen und Ersatzteillisten mit etwa 27.800 Seiten und 3.200 MB
- 287 Prospekte mit etwa 1.700 Seiten und 850 MB
- 325 Fotos mit etwa 2.800 MB

Man muss nicht unbedingt eigene Erfahrungen mit der digitalen Archivierung haben, um zu erkennen, wie viel Herzblut in dem bisher Erreichten und noch Geplanten steckt. Die überaus umfangreichen und kostenintensiven Arbeiten wurden hauptsächlich von Prof. Baader und Dr. Krombholz ausgeführt. Das Projekt versteht sich auch als Anregung für vergleichbare Traditionsvereine und traditionsbewusste Landmaschinenunternehmen.

### **Das Beispiel Prillinger**

Kommerzialrat Karl Prillinger aus Wels/Österreich hat schon während seiner Karriere als Großhändler für Landmaschinen-Ersatzteile sein Interesse für das Sammeln von Schriftgut aus drei Jahrhunderten landtechnischer Entwicklung entdeckt und nach dem Ausstieg aus dem aktiven Geschäftsbetrieb weiter kultiviert. Mittlerweile enthält seine Sammlung ungefähr 700.000 Einzelstücke, hauptsächlich historische Bücher, alte Prospekte, Firmenschriften und Ersatzteillisten [7]. Archivierungsziel ist es, diese zum Teil einzigartigen Dokumente mit ihrer riesigen Informationsfülle für die Nachwelt zu erhalten. In speziellen Klarsichttaschen und Ringmappen und geordnet nach Herstellernamen und Maschinenart in großzügigen, klimatisierten Archivräumen abgelegt, gelingt dies vorbildlich.



**Bild 2:** Agrarhistorisches Archiv Prillinger [7]

**Figure 2:** Archives Prillinger [7]

Mit der Zeit gehend, hat Herr Prillinger in jüngster Zeit auch veranlasst, eine Datenbank zu erarbeiten, um die Systematik zu verfeinern, die Objektfindung zu erleichtern und den Informationsaustausch zu ermöglichen. Über den Rahmen des Fachausschusses „Geschichte der Agrartechnik“ hinaus soll damit die Möglichkeit geschaffen werden, das Archiv unter Wahrung der Eigentums- und Urheber-Regulative zu nutzen. Dazu hatten die Ausschuss-Mitglieder im Rahmen der jüngsten Sitzung im Mai 2012 vor Ort schon ausgiebig Gelegenheit [8]. Dabei kamen auch Urheberrechtsfragen beim Umgang mit Sammlungen zur Sprache [9].

### **Gibt es eine gemeinsame Plattform?**

Es ist zu wünschen, dass sukzessive alle relevanten agrartechnischen Archive in digitalen Datenbanken erfasst und auf diesem Wege der interessierten Öffentlichkeit besser zugänglich gemacht werden. Die Rede ist hier von einem zukünftigen Gebäude, für das es bislang zwar den Inhalt aber noch kein tragfähiges Fundament gibt.

Als fundamental gelten neben dem leistungs- und zukunftsfähigen Datenbanksystem vor allem ein adäquater Server (eher zentrales Hosting mit entsprechenden Voraussetzungen für Etablierung und Administration), eine personelle und technische Ausstattung zur Digitalisierung und Beschlagwortung (eher dezentral), eine finanzielle Ausstattung für Implementierung und Pflege sowie ein Höchstmaß an Widerspruchsfreiheit aus urheberrechtlicher Sicht.

Mit AgTecCollection, agrohist.de und dem Archivsystem Prillinger ist Pionierarbeit von unschätzbarem Wert geleistet worden. Die nächsten Arbeitsschritte sollten im Fachausschuss „Geschichte der Agrartechnik“ so koordiniert ablaufen, dass spätere Erweiterungs- und Verknüpfungsprobleme weitestgehend vermieden werden können.

Dabei wird auch eine Warenkorbfunktion mit Bezahlssystem für bestimmte Downloads erforderlich sein, wenn einerseits beim Nutzer des Digitalisats nicht nur rein wissenschaftliche Interessen bestehen und wenn zum anderen der Bereitsteller der Dateien nur auf diesem Wege seine Aufwendungen erstattet bekommen kann, z.B. als Privatperson oder als Traditionsverein.

### **Alte Bücher mit Zukunft**

Das Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe baut im Landwirtschaftsverlag Münster-Hiltrup die „Westfälische Bibliothek der Landwirtschaft“ auf. Die Sammlung umfasst bereits rund 6000 Buchtitel zur Land-, Forst- und Hauswirtschaft aus sechs Jahrhunderten und erhält in der Villa Schencking am Landwirtschaftsverlag einen angemessenen Platz. Ein Anachronismus im Zeitalter der digitalen Medienpräsentation? Keineswegs!

„Die Bücherschätze sind Dokumente ihrer Zeit, und das sind sie nur im Original, nicht im digitalisierten Zustand. Denn es war das Originalbuch, das die Großeltern auf dem Hof im Münsterland gelesen (haben), ..., das der Landwirtschaftslehrer den Bauern des Ruhrreviers in die Hand gedrückt hat.“ [10]



**Bild 3:** Bibliophile Schätze [10]

**Figure 3:** Bibliophilic Valuables [10]

Da ist noch etwas, das man nicht anklicken kann. Strottdrees nennt es die Aura, die besondere Ausstrahlung, die eine bibliophile Kostbarkeit zu verbreiten vermag, sobald man sie in die Hand nimmt. Psychologen bezeichnen es auch als haptische Wahrnehmung – eine Empfindung, durch die sich auch die Jahrbücher Agrartechnik in Buchform von der künftigen Online-Version abheben werden.

Kurzum: Digitalisierung ist nicht alles – aber ohne Digitalisierung ist alles bald nichts!

## **Literatur**

- [1] Hahn, J.: Wer sich der Geschichte nicht erinnert. Zeitschrift „Eilbote“ 21/2011, S. 15
- [2] Auernhammer, H.: Agrartechnische Sammlung in mediaTUM – Stand und Ausblick. In: Protokoll der Sitzung des FA „Geschichte der Agrartechnik“ des VDI/MEG vom 3./4.5.2012 in Wels/Wieselburg, Anlage 4
- [3] Krombholz, K.: „Konzept für Aufbau und Betrieb der Website „agrohist.de“ für die Internetpräsentation agrargeschichtlicher Dokumente“. In: Protokoll der Sitzung des FA „Geschichte der Agrartechnik“ des VDI/MEG vom 3./4.5.2012 in Wels/Wieselburg, Anlage 5
- [4] Baader, W.: Das FAHR-Landtechnik-Archiv. In: Baader, W.: DAS GROSSE FAHR-BUCH, S. 245, DLG-Verlags-GmbH Frankfurt a.M., 2005.
- [5] Baader, W.: persönliche Mitteilung vom 13.6.2012
- [6] Krombholz, K. Dokumente des FAHR-Archivs sind internetfähig. In: FAHR-Schlepperpost, Heft 01/2012, S.26/27
- [7] Agrarhistorisches Archiv Karl Prillinger. In: Protokoll der Sitzung des FA „Geschichte der Agrartechnik“ des VDI/MEG vom 3./4.5.2012 in Wels/Wieselburg, Anlage 2
- [8] N.N.: Ersatzteilspezialist Prillinger als VDI-Gastgeber. In: Agrartechnik Österreich – Informationsblatt für Landmaschinenbetriebe in Österreich, 6/2012, S.2-3
- [9] Stögner, M.: Urheberrechtsfragen beim Umgang mit Sammlungen. In: Protokoll der Sitzung des FA „Geschichte der Agrartechnik“ des VDI/MEG vom 3./4.5.2012 in Wels/Wieselburg, Anlage 3
- [10] Strottdrees, G.: Von gestern, für übermorgen - Westfälische Bibliothek der Landwirtschaft. Landwirtschaftliches Wochenblatt Westfalen-Lippe, 22/2012, S. 103

### **Bibliografische Angaben / Bibliographic Information**

#### **Empfohlene Zitierweise / Recommended Form of Citation**

Hahn, Jürgen: Geschichte der Agrartechnik. In: Frerichs, Ludger (Hrsg.): Jahrbuch Agrartechnik 2012. Braunschweig: Institut für mobile Maschinen und Nutzfahrzeuge, 2012. – S. 1-7

#### **Zitierfähige URL / Citable URL**

<http://www.digibib.tu-bs.de/?docid=00043483>

#### **Link zum Beitrag / Link to Article**

<http://www.jahrbuch-agrartechnik.de/index.php/artikelansicht/items/110.html>